

CRWR Online Report 08-01

Water Management Scenarios for the Rio Grande/Bravo Basin

by

Samuel Sandoval-Solis, M. S.

Graduate Student

Daene C. McKinney, PhD., PE

Principal Investigator

and

Rebecca L. Teasley, M. S.

Graduate Student

April 2008

CENTER FOR RESEARCH IN WATER RESOURCES

Bureau of Engineering Research • The University of Texas at Austin

J.J. Pickle Research Campus • Austin, TX 78712-4497

This document is available online via World Wide Web at

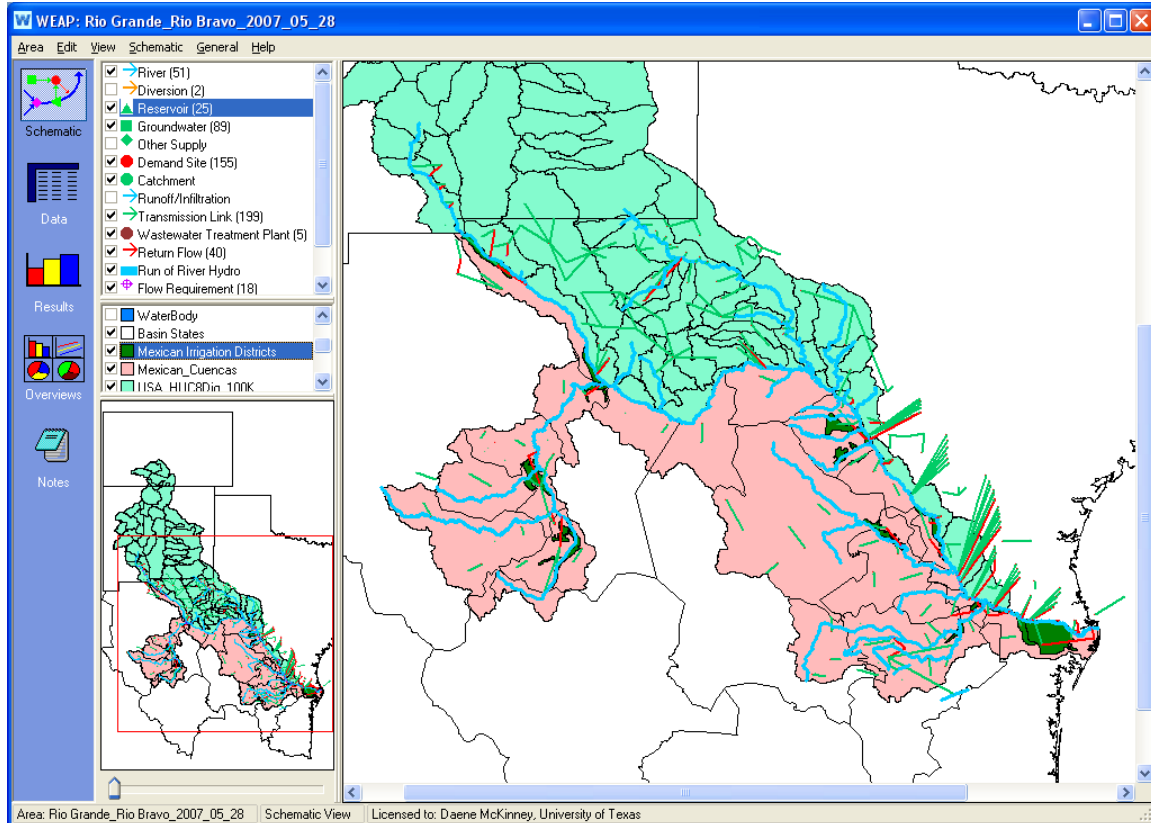
<http://www.ce.utexas.edu/centers/crwr/reports/online.html>

ESCENARIOS DE MANEJO DEL AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO GRANDE/BRAVO

Reporte Final

Elaboro: Universidad de Texas en Austin

Marzo 2008



P.I. Dr. Daene C. McKinney

Colaboradores:

M. Sc. Samuel Sandoval Solís

M. Sc. Rebecca L. Teasley

Center for Research in Water Resources
UNIVERSITY OF TEXAS AT
AUSTIN

10,100 Burnet Road

Building 119

Austin, Texas 78758, USA

Tel: (512) 471-0073

Fax: (512) 471-0072

E-Mail: Daene@aol.com

P.I. Dr. Angel A. Villalobos de Alba

Colaboradores:

M Sc. Alberto Guitron de los Reyes

Dr. Héctor SanVicente Sánchez

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
ZACATECAS

Unidad Académica de Ingeniería

Maestría en Planeación de Recursos

Hidráulicos

Calle Trigo 22-A

Fraccionamiento FIRCO

98618 Guadalupe, Zacatecas, México

Tel: (52-492) 92 394-07 ext. 1617

E-mail: angelalfonsovillalobos@gmail.com

Resumen

Las políticas actuales de planeación y manejo del agua en la Cuenca del Río Bravo/Grande ya no responden a las expectativas de aprovechamiento sostenible para los usuarios del agua, el medio ambiente y los compromisos internacionales a los cuales está sujeta esta cuenca transfronteriza entre México y los Estados Unidos de América. Como respuesta a esta situación, un grupo de universidades, centros de investigación y ONG's de ambos países, tales como la Universidad de Texas en Austin y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), formaron un consorcio alrededor del proyecto denominado "Proyecto de evaluación de oportunidades hidrofísicas de la Cuenca del Río Bravo/Grande" (Physical Assessment Project). El objetivo de este proyecto es examinar las oportunidades hidrofísicas para extender los beneficios en el uso del agua de la cuenca del Río Bravo/Grande. El presente proyecto forma parte de este esfuerzo conjunto por parte del IMTA, la Universidad de Texas en Austin y la Universidad Autónoma de Zacatecas para evaluar el impacto de políticas alternativas del uso del agua, denominadas "Escenarios", para usuarios del agua de ambas naciones.

El modelo de simulación de la Cuenca del Río Bravo/Grande se construyó en el programa WEAP (Water Evaluation And Planning System) desarrollado por el Instituto del Medio Ambiente de Estocolmo localizado en Boston, Massachusetts (Stockholm Environment Institute, SEI 2006). El modelo de simulación incluye presas, acuíferos, ríos tributarios; concesiones/derechos de agua; la contabilidad del almacenamiento y asignación de las obligaciones del tratado; las políticas de uso, operación y asignación del agua de ambas naciones. Para la evaluación de los escenarios fue necesaria la creación de un escenario de referencia denominado "Baseline Run", el cual fue comparado y calibrado con los datos históricos de la cuenca (*Documentation and Testing of the WEAP Model for the Rio Grande/Bravo Basin, Online Publications, CRWR*). Mediante la comparación de los resultados de cada escenario con el escenario de referencia Baseline Run, se estimaron los beneficios o repercusiones que representa la implementación de cada escenario para los usuarios de ambas naciones y para las obligaciones del tratado de 1944.

En el presente documento se analizan y evalúan 12 escenarios, los cuales incluyen la re-adquisición permanente y temporal de concesiones/derechos de agua, el banqueo de agua subterránea a través del método *In Lieu*, y la modernización y mejoramiento de la infraestructura agrícola de acuerdo a lo establecido en el Acta 309 de la CILA/IBWC. De estos escenarios se evaluaron los beneficios o afectaciones para usuarios de México y de Estados Unidos, así como para las obligaciones del tratado. En algunos escenarios se evaluó la combinación de dos o más escenarios trabajando en conjunto. Además, en un escenario en particular se realizó la evaluación de aportaciones extraordinarias del Río San Juan a las obligaciones del tratado de 1944, solo bajo condiciones de escases en el envío de agua a las obligaciones del tratado.

En la primera parte del reporte se presentan los antecedentes y el objetivo de este proyecto de investigación. En esta sección se describe el “Proyecto de evaluación de oportunidades hidrofísicas de la Cuenca del Río Bravo/Grande” (Physical Assessment Project), las instituciones participantes, así como las aportaciones y trabajos realizados por cada integrante del consorcio. En la segunda parte se presenta la metodología del proyecto de investigación, en la cual se establece la cuenta de referencia Baseline Run, se definen los parámetros de comparación, se muestran los resultados de la cuenta de referencia Baseline Run y se establecen las condiciones hidrológicas utilizadas en el presente estudio. Los parámetros de comparación utilizados incluyen la evaluación de la extracción promedio y déficit promedio para diferentes usuarios del agua, así como criterios de desempeño tales como confiabilidad, resiliencia y vulnerabilidad para algunos usuarios seleccionados; almacenamiento promedio, mínimo y máximo para presas y acuíferos; envío de agua promedio, mínima y máxima para los 6 tributarios de México el tratado de 1944 de forma anual y por ciclo de 5 años; entre otros parámetros. En la tercera parte se presenta el análisis, consideraciones asumidas, desarrollo y resultados de cada escenario, así como su comparación respecto al escenario de referencia Baseline Run. Finalmente, en la última sección se presentan las conclusiones de cada escenario y del proyecto de investigación en conjunto.

Abstract

The actual water planning and management policies of the Rio Grande/Bravo basin no longer respond to the sustainable needs of water users, environment and international commitments of this transboundary basin between Mexico and the United States. As a result of this situation, a group of universities, research centers and NGO's from both countries, such as The University of Texas at Austin and the Mexican Institute of Water Technology (IMTA), made a consortium around a project known as "A physical assessment of the opportunities for improved management of the water resources of the bi-national Rio Grande/Bravo basin" (the Physical Assessment Project). The objective of this project is to examine the hydro-physical opportunities for expanding the beneficial uses of the fixed water supply in the Rio Grande/Bravo basin. The present project is part of this joint effort from the IMTA, The University of Texas at Austin and the Autonomous University of Zacatecas to evaluate the impact of alternative water management policies, called "Scenarios", for the water users of both nations.

A basin simulation model for the Rio Grande/Bravo was built in the WEAP software (Water Evaluation And Planning System) developed by the Stockholm Environment Institute. The simulation model includes dams, aquifers, tributary rivers; concessions/water rights; the account of the storage and allocation of treaty obligations; policies, operations and water allocation for both countries. For the evaluation of the Scenarios a reference scenario was developed called the "Baseline Run", that was compared and calibrated with the historical data in the basin. Through a comparison of each scenario's results with the Baseline Run, the advantages or disadvantages were estimated from the implementation of each scenario for water users in both nations and for the treaty obligations.

In this report, 12 scenarios are analyzed and evaluated, which include the permanent and temporal buy back of concessions/water rights, ground banking through the *In Lieu* method; and modernization and improvement of agriculture infrastructure specified in Minute 309 of the IBWC/CILA. In some scenarios the joint result of two or more scenarios working together is evaluated. Moreover, in a particular scenario the extraordinary delivery of water from the San Juan River to the treaty obligations was evaluated, only under deficit conditions of water delivery for treaty obligations.

The first part of this report provides the background and the objective of the project. Also, in this section the Physical Assessment Project is described, the participant institutions, as well as the work and contributions made by each member of this consortium. The second part describes the methodology used, which establishes the Baseline Run, defines the parameters of comparison, shows the results for the Baseline Run and specifies the hydrological conditions used in this research. The parameters of comparison used include the mean supply and shortage for different water users; as well as performance criteria indices such as reliability, resilience and vulnerability for certain water large users; mean, minimum and maximum storage for reservoirs and aquifers; mean, minimum and maximum delivery of water for the 6 Mexican tributary rivers established in the 1944 Treaty, by year and by 5 year cycle; among other parameters. The third section shows the development, analysis, and considerations assumed and results for each scenario, as well as their comparison with the Baseline Run. Finally, in the last section the conclusion for each scenario and for the complete research project are presented.

TABLA DE CONTENIDOS

1.	OBJETIVO	8
2.	ANTECEDENTES	9
3.	METODOLOGIA.....	10
3.1.	Establecer el Escenario de Referencia.....	10
3.2.	Parámetros de Comparación	11
3.3.	Descripción del Escenario de referencia.....	13
3.4.	Condiciones Hidrológicas.....	35
3.5.	Desarrollo de escenarios	38
	Escenario I Estrategias para proveer beneficios en todo el sistema.....	38
	Escenario IA La CNA compra la mayoría o todos los títulos de concesión conferidos desde 1995 en Chihuahua y Tamaulipas.....	38
	Escenario IB Banqueo de agua subterránea en la cuenca del Río Conchos.....	55
	Escenario I.B.1 La CNA re-adquiere concesiones acopladas con el incremento en los almacenamientos	80
	Escenario I.B.2 Banqueo y almacenamiento en la Boquilla	109
	Escenario I.B.3 Banqueo de algunos almacenamientos de la presa Francisco I. Madero	109
	Escenario I.B.4 Banqueo del agua que se ahorra a partir de las medidas de conservación del agua para uso agrícola que están siendo implementadas en la cuenca del Río Conchos.....	127
	Escenario ID Créditos de agua del Río San Juan para cumplir con la obligación de los suministros de agua considerados en el tratado.....	148
	Escenario II.....	164
	Escenario II.A.1 Análisis de conservación del agua en la cuenca del Río Conchos	165
	Escenario I.A.1.a Análisis de las medidas de conservación del agua en la cuenca del Río Concho y distribución del agua ahorrada a los agricultores en la cuenca del Río Conchos.....	170
	Escenario I.A.1.b Análisis de las medidas de conservación del agua en la cuenca del Río Concho y distribución del agua ahorrada a los agricultores en la cuenca del Río Conchos.....	191
	Escenario II.B.1 Banqueo de agua subterránea en Tamaulipas	210
	Escenario II.C.1 Banqueo de agua para cambiar el programa de entregas bajo el tratado	227
	Escenario II.C.2 El agua ahorrada debido a las medidas de conservación del agua agrícola en la cuenca del río Conchos es almacenada en la presa Luís L. León y entregada para cumplir con las obligaciones del tratado durante los años mas secos que el promedio (en vez de entregar agua de las presas La Boquilla y Madero)	245
2.	Conclusiones y recomendaciones	266
5.	Reconocimientos.....	282
6.	Referencias.....	282

1. OBJETIVO

El propósito de este proyecto es generar una serie de escenarios a futuro para el manejo del agua que responda a las necesidades y objetivos de los usuarios en la cuenca del río Grande/Bravo. En colaboración con la Universidad Autónoma de Zacatecas y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, este proyecto creará una serie de escenarios realistas para mejorar los beneficios que se deriven de la donación fija del agua en la cuenca, partiendo de resultados previos del proyecto “A Physical Assessment of the Opportunities for Improved Management of the Water Resources of the Binational Río Grande/Río Bravo Basin” realizado por un consorcio de instituciones de México y los Estados Unidos.

Durante el desarrollo y revisión de los escenarios, el proyecto está interesado en aquellos que tienen el potencial de proveer beneficios mutuos a todos los usuarios y grupos que participan en la cuenca. Aquellos escenarios que solamente puedan ser llevados a cabo beneficiando solo a un grupo específico de usuarios no serán tomados en cuenta. Este proyecto se interesa particularmente en aquellos escenarios que generen oportunidad a gran escala y que tengan el potencial de generar los mayores beneficios, los cuales se han librado de una planeación del agua más regionalizada que caracteriza a esta cuenca, debido a que esto requeriría la cooperación a través de diversas jurisdicciones o fronteras en el manejo del agua. La actual implementación de varios de estos escenarios podría requerir la modificación en ciertas políticas actuales de distribución y administración del agua. Sin embargo, no se considera ningún escenario que requiera modificaciones al tratado de 1944 entre México y Estados Unidos de América, o el acuerdo interestatal que rige la asignación del agua del lado fronterizo de los Estados Unidos, por lo que nosotros estamos seguros que todos los escenarios descritos a continuación podrán ser implementados sin muchas modificaciones.

2. ANTECEDENTES

Evaluación de las oportunidades para mejorar la administración física de los recursos hídricos en la cuenca del río Bravo/Grande (A Physical assessment of the opportunities for improved management of the water resources of the binational Río Bravo/Grande basin).

Dentro de las actividades de este proyecto está la de examinar las oportunidades hidrofísicas para extender los beneficios en el uso del agua de la cuenca del Río Bravo/Grande, mejorando con ello el cumplimiento de una serie de objetivos en la administración del agua en esta cuenca. Estos objetivos incluyen que la agricultura sea más adaptable a condiciones periódicas de sequía, mejorar la confiabilidad de suministros a ciudades y pueblos, y restaurar funciones ecológicas, ignoradas hoy en día. Es un ejercicio de planificación exhaustivo, de consecuencias neutras, y basado en la creación de un modelo que resaltará las estrategias para reducir futuros conflictos con respecto al manejo del agua a lo largo de toda la cuenca. El proyecto es un esfuerzo de planificación de un sistema integral realizado por 20 instituciones técnicas, en su mayoría no gubernamentales, radicadas en ambos lados de la frontera.

Los acercamientos convencionales a la administración y planificación del agua basados en segmentos específicos ya no responden adecuadamente a los retos que plantea una gran cuenca transfronteriza como la Cuenca del Río Bravo/Grande. Este proyecto constituye un esquema técnico ambicioso entre la planificación hidrológica y la experiencia institucional de México y los Estados Unidos que trata de demostrar como puede desarrollarse un sistema analítico que abarque todo el sistema de la cuenca, para producir así mayores beneficios.

El Proyecto de Evaluación Física consiste de dos vías paralelas, interactivas y convergentes. La primera vía consiste en la elaboración de una base de datos de recursos hídricos. La segunda vía consiste en un modelo hidrológico avanzado que represente la cuenca en su totalidad. Se usará este modelo para evaluar la viabilidad hidrológica de una serie de posibles escenarios que buscan mejorar la administración de la limitada cantidad de agua del sistema, centrándonos especialmente en las oportunidades que tienden un puente entre distintas unidades de administración y fronteras jurídicas. En este caso la viabilidad hidrológica involucra tanto la viabilidad física así como la capacidad de proporcionar beneficios mutuos a todos los que tienen intereses a lo largo del sistema. Esto permite elaborar y entender la dinámica hidrológica de la cuenca, clarificando con ello las ventajas asociadas a una serie de estrategias administrativas.

El software utilizado para la modelación de la Cuenca del Río Bravo/Grande es el WEAP (Water Evaluation and Planning System) desarrollado por el Instituto del Medio Ambiente de Estocolmo localizado en Boston, Massachusetts (Stockholm Environment Institute, SEI 2006). El costo por la licencia de este software se condonó a organizaciones académicas, gubernamentales, y otras no lucrativas en países en vías de desarrollo, incluyendo México. Algunas de las características más destacadas de este software es que tienen un acercamiento integrado, involucra fácilmente a los usuarios del

agua, utiliza una metodología de balances de agua de acuerdo a prioridades y cuenta con capacidad de implementar diferentes escenarios mediante una interfaz amigable. El software WEAP también utiliza un interfaz para el usuario gráfica que importa archivos de gráficos *shapefiles* de Sistemas de información Geográfica (SIG's). El equipo de Proyecto de Oportunidades Hidrofísicas ha desarrollado un tutorial en español e inglés para la cuenca del Río Conchos (Nicolau del Roure y McKinney 2005¹). Estos ejercicios son fáciles de realizar, cuenta con instrucciones paso a paso que enseñan cómo construir un modelo WEAP para esta cuenca en particular.

3. METODOLOGIA

3.1. Definición del Escenario de Referencia.

El Modelo WEAP del Río Bravo/Grande tiene la capacidad de generar una cuenta base o de referencia denominada “Baseline Run”, la cual es usada como punto de comparación para observar los beneficios de los escenarios propuestos. La cuenta Baseline Run ha sido calibrada con los registros históricos de almacenamiento en presas y escurrimientos a lo largo de toda la cuenca (<http://www.crrw.utexas.edu/reports/2006/rpt06-8.shtml>). Debido a la escasez de datos históricos referentes a los volúmenes de extracción de agua, así como a la falta de una política bien definida para la extracción de agua de las presas por parte de ambas naciones, los resultados referentes a los volúmenes de almacenamiento en presas, así como los escurrimientos en los cauces difieren de los datos históricos observados a lo largo del periodo hidrológico de análisis (1940-200). No obstante, los resultados obtenidos en los almacenamientos en presas y escurrimientos son aceptables para la evaluación de los escenarios que involucran este proyecto. El reporte en línea Documentation and Testing of the WEAP Model for the Rio Grande/Bravo Basin, <http://www.crrw.utexas.edu/reports/2006/rpt06-8.shtml>, (McKinney, Teasley Danner, 2007) muestra a detalle el proceso de calibración de la cuenta Baseline Run comparada con los registros históricos de volúmenes de almacenamiento en presas y escurrimientos.

El proceso de simulación en WEAP se realiza en dos pasos. En el primer paso, el modelo de simulación WEAP calcula el año inicial en una cuenta especial denominada Current Account. Los resultados obtenidos de este año inicial son los mismos tanto para la escenario de referencia Baseline Run como para el (los) escenario(s) propuesto(s) Scenario “X”. Una vez terminado el cálculo de este año inicial, comienza el segundo paso, que consiste en calcular independientemente la escenario de referencia Baseline Run así como el (los) escenario(s) modelado(s) Scenario “X”. En general, el proceso de simulación consta de un año inicial y los subsecuentes años de simulación en donde se compara la escenario de referencia Baseline Run con la cuenta para el (los) escenario(s) propuesto(s) Scenario “X”.

Existen dos formas para declarar los datos de escurrimientos de entrada para el escenario de referencia Baseline Run y la cuenta del escenario Scenario “X”. La primer forma es ordenarle al programa que obtenga los escurrimientos de entrada de los archivos con los datos de los escurrimientos restituidos históricos. La segunda forma es ordenarle al

programa que establezca los escurrimientos restituidos de entrada del año inicial de la cuenta Current Account como escurrimientos patrón y que los repita para el resto de la simulación como escurrimientos de entrada en la escenario de referencia Baseline Run y la cuenta de escenario Scenario X. Para este proyecto, se escogió la primer forma de declaración de datos de escurrimiento restituidos debido a que se busca comparar el comportamiento histórico de la cuenca en relación con los escenarios propuestos.

La comparación del escenario de referencia Baseline Run y el escenario en turno Scenario X se hizo con los parámetros de comparación descritos en la sección “Parámetros de Comparación”. Los escenarios se evalúan comparando sus resultados con los obtenidos en la cuenta Baseline Run. Los resultados y parámetros de comparación obtenidos en el escenario de referencia Baseline Run son presentados en la sección “Descripción del escenario de referencia”. Además, en esta sección se definen los volúmenes de concesión, presas, acuíferos y ríos que son utilizados para la evaluación de los escenarios.

3.2. Parámetros de Comparación

Para las concesiones más representativas de la cuenca se realizó la comparación de los siguientes parámetros.

- Extracción promedio y mínima.
- Déficit promedio y máximo.

Los resultados obtenidos en el escenario de referencia Baseline Run y la cuenta Scenario “X” fueron comparados con el objetivo de evaluar el desempeño del escenario con respecto al escenario de referencia.

Escurrimiento en cauces.

Para todos los escenarios se calculó el volumen de agua entregado por concepto de obligaciones del tratado.

- Volumen total, promedio, mínimo y máximo de agua entregada por ciclo por concepto del tratado.

Acuíferos

Para el escenario I.A, I.B, I.B.1 y I.B.2-3 se calcularon los siguientes parámetros en el acuífero Meoqui-Delicias.

- Almacenamiento medio mensual.
- Almacenamiento al final de la simulación.

Criterios de desempeño

Se cálculo la confiabilidad para todas las extracciones y las obligaciones del tratado. Además, para los distritos de riego que presentaron déficit en su extracción se calculo los parámetros de resiliencia y vulnerabilidad.

- *Confiabilidad.* Valor estadístico, expresado como porcentaje, definido como el número de veces que una concesión fue abastecida en su totalidad en relación al número de periodos de simulación calculados.

$$\text{Confiabilidad}[X] = \frac{\text{Numero de periodos que no se presento deficit (Deficit} = 0)}{n}$$

Donde n es el número total de periodos en meses.

- *Resiliencia.* Definido como la probabilidad de que una vez que el sistema está en un periodo de déficit, el siguiente periodo no se presente déficit. Es un valor estadístico útil para evaluar la recuperación del sistema una vez que ha fallado.

$$\text{Resiliencia} = \frac{\text{Numero de veces que un periodo sin deficit es precedido por un periodo con deficit}}{\text{Numero de periodos con deficit}}$$

- *Vulnerabilidad.* Medida probabilística que evalúa la magnitud de los déficits del sistema, mediante un promedio. En este proyecto, la vulnerabilidad será presentada como en porcentaje del volumen de concesión.

$$\text{Vulnerabilidad} = \frac{\text{Sumatoria de los volúmenes de deficit}}{\text{Numero de periodos con deficit}}$$

Presas

En las presas La Boquilla, Francisco I. Madero, Luís L. León, La Amistad y Falcon se realizo el cálculo y comparación de:

- Almacenamiento mensual promedio.
- Almacenamiento mínimo y máximo.

Para el Escenario ID se evaluaron las presas Marte R. Gómez, El Cuchillo, Las Blancas y La Boca, además de las presas ya mencionadas.

3.3. Descripción del Escenario de referencia

Concesiones y Derechos de Agua

Las concesiones y derechos de agua para los distritos de riego de México y de Estados Unidos, se muestran en la Tabla 1 y Tabla 2, respectivamente. De estas tablas se puede apreciar que existen concesiones (en México), o derechos de agua (en EEUU), que son de mayor importancia debido a la cantidad de agua que demandan del sistema y/o a que se verán afectados por los escenarios propuestos. Debido a esto, en este documento solo se presentan los resultados para los distritos de riego DR-005 Delicias, DR-006 Palestina, DR-025 Bajo Río Bravo, DR-026 Bajo Río San Juan y DR-050 Acuña-Falcon pertenecientes a México y los derechos de agua Water Master Section (WMS) 8 Agriculture A y B; y Water Master Section 9 to 13 Agriculture A y B pertenecientes a Estados Unidos.

Tabla 1. Concesiones de los distritos de riego de México.

Distrito de Riego	Concesión (hm ³ /año)
DR-004 Don Martín	352.0
DR-005 Delicias**	1130.5
DR-006 Palestina	53.0
DR-009 Valle de Juárez	74.0
DR-025 Bajo Río Bravo	861.0
DR-026 Bajo Río San Juan	464.1
DR-031 Las Lajas	24.0
DR-050 Acuña Falcon	29.0
DR-090 Bajo Río Conchos	85.0
DR-103 Río Florido	106.7
Total	3179.3

La concesión anual de agua mostrada en la Tabla 1 para el distrito de riego DR-005 Delicias corresponde al volumen anual de agua entregada por la CONAGUA a los usuarios del distrito de riego en los punto de control proveniente de dos fuentes de abastecimiento, 941.587 hm³/año de agua superficial y 188.959 hm³/año de agua subterránea. Este volumen de concesión difiere del volumen de agua entregado en los puntos de aplicación en los cultivos, debido a las pérdidas por conducción y evaporación que sufre el agua en su trayecto. Considerando lo anterior y en base a los datos proporcionados por la Sociedad de Asociaciones de Usuarios “Unidad Conchos”¹⁶ y a los datos establecidos en la Acta 309¹⁵ acordada entre la CILA y el IBWC, se considero que la concesión de agua superficial, la cual es de 941.587 hm³/año, representa un volumen de aplicación de 717.117 hm³/año una vez que ha sufrido una pérdida del 10% por evaporación y del 13.84% por infiltración. Para la concesión de agua subterránea no se consideraron perdidas por evaporación o infiltración, ya que en la revisión de informes y literatura no se encontró algún valor propuesto. Debido a que el programa WEAP utiliza el volumen de aplicación para asignar las demandas de agua, se declaro en el programa WEAP un volumen de uso anual de 906.0755 hm³/año, el cual representa al volumen de

concesión de agua superficial una vez que ha sufrido las pérdidas por evaporación e infiltración (717.117 hm³/año), así como al volumen de concesión de agua subterránea (188.959 hm³/año), para el cual no fueron considerados pérdidas alguna. La explicación del cálculo de estos volúmenes y porcentajes considerados es explicada con mayor detalle en el Escenario II.A.1. Para el presente reporte se considerará el volumen de aplicación como el volumen de uso anual o concesión, el cual es referido así en algunas tablas, con la consideración de que en el caso del DR-005, este valor se refiere específicamente al volumen de aplicación.

El documento: Documentation and Testing of the WEAP Model for the Rio Grande/Bravo Basin, <http://www.cwrw.utexas.edu/reports/2006/rpt06-8.shtml>, (McKinney, Teasley Danner, 2007) explica de forma detallada los derechos de agua Water Master Section que fueron agrupados por sección.

Para el escenario de referencia Baseline Run, la Tabla 3 y Figura 1 muestran la extracción y déficit promedio así como la extracción mínima para los distritos de riego seleccionados.

Tabla 2. Derechos de Agua de los distritos de riego de Estados Unidos.

Derecho de Agua	Volumen (hm ³ /año)	Derecho de Agua	Volumen (hm ³ /año)
AG EPCWID No.1	463.8	WMS 2 Agriculture_B	0.03
Below Conchos Agriculture	31.5	WMS 2 Maverick Ag	166.52
Comanche Creek Water Rights AG	18.9	WMS 3 4 Agriculture_A	11.1
Coyanosa Draw Water Rights AG	23.1	WMS 3 4 Agriculture	3.1
Forgotten River Agriculture	44.6	WMS 3 4 Agriculture_B	1.7
Joe B Chandler et al Estate	0.2	WMS 5 Agriculture	2.0
John Edwards Robbins	0.01	WMS 5 Agriculture_A	6.0
Mattie Banner Bell	0.0	WMS 5 Agriculture_B	10.8
Pinto Creek Agriculture	0.5	WMS 6 Agriculture_B	2.0
Red Bluff Power Control	82.2	WMS 6 Ag AL	2.5
Red Bluff Ward WID 2	32.0	WMS 6 Ag BL	2.7
Red Bluff Water Pecos WID 3	0.0	WMS 6 Agriculture_A	0.4
Red Bluff Water Power Loving	0.4	WMS 7 Agriculture_A	0.7
Red Bluff Water Reeves WID2	3.0	WMS 7 Agriculture_B	7.6
Red Bluff WID 1	0.0	WMS 8 Agriculture	0.5
Red Bluff WID 2	6.0	WMS 8 Agriculture_A	374.3
Red Bluff WID 3	4.7	WMS 8 Agriculture_B	96.5
San Felipe Creek Agriculture	6.3	WMS 9 to 13 Agriculture_A	1427.2
Sandia Creek Water Rights AG	53.0	WMS 9 to 13 Agriculture_B	97.3
Six Shooter Draw Water Rights	8.7	WMS 1 Agriculture	1.4
The Nature Conservancy	0.7	Red Bluff WID 2	12.1
WMS 2 Agriculture	10.8	Wilson Harden Cy Banner	0.2
WMS 2 Agriculture_A	0.6	Wilson Hardin Cy Banner	0.1
Subtotal	790.7	Subtotal	2226.6

*WMS.- Acronimo de "Water Master Section".

Tabla 3. Extracción y déficit promedio, extracción mínima para los distritos de riego, Cuenta Baseline Run.

Distrito de Riego	Concesión (hm ³ /año)	Extracción Promedio (hm ³ /año)	Déficit Promedio (hm ³ /año)	Extracción Mínima (hm ³ /año)
DR 005 Delicias	906.1	94%	6%	45%
DR 025 Bajo Rio Bravo	861.0	98%	2%	61%
DR 090 Bajo Rio Conchos	85.0	100%	0%	100%
WMS 8 Agriculture A	374.3	69%	31%	25%
WMS 9-13 Agriculture A	1427.2	69%	31%	25%

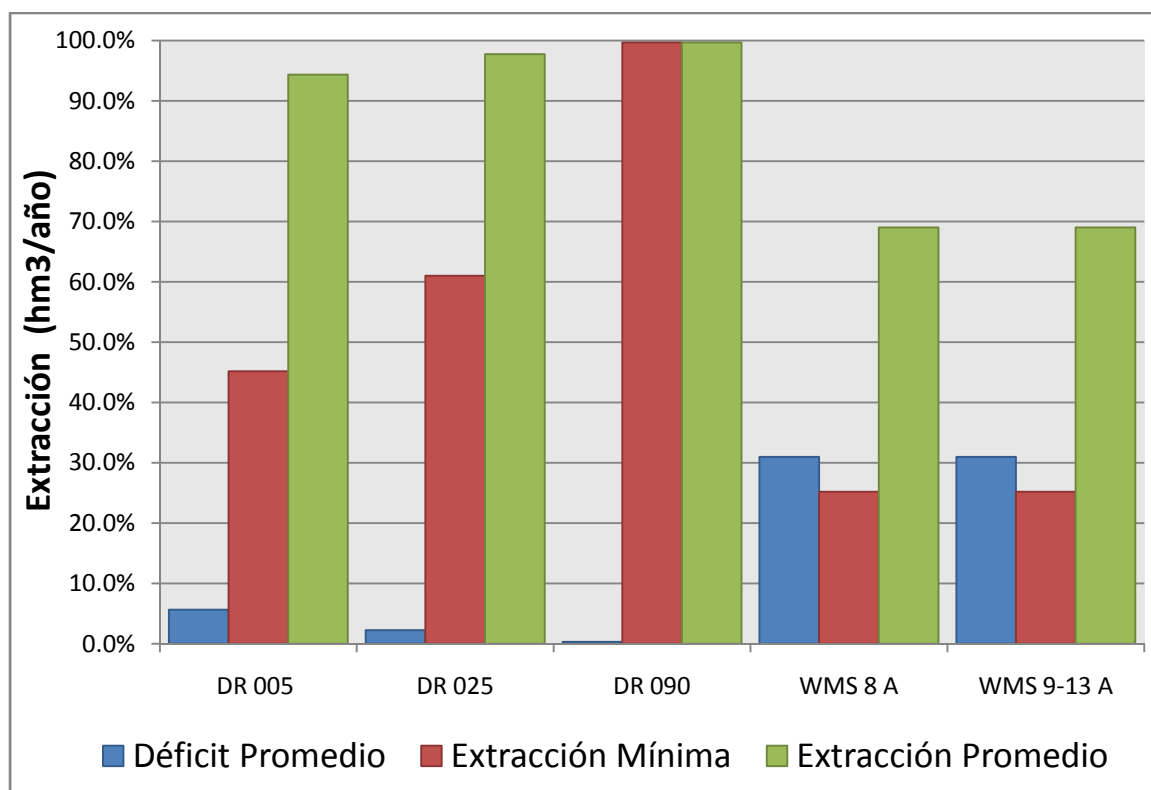


Figura 1. Extracción y déficit promedio; y extracción mínima para los distritos de riego seleccionados, Cuenta Baseline Run.

La Tabla 4 y Tabla 5 presentan las concesiones o derechos de agua para uso público urbano de México y Estados Unidos respectivamente.

Tabla 4. Concesiones de los Usos Publico-Urbano de México.

Uso Público-Urbano	Concesión (hm ³ /año)
Camargo	20.0
Cd Acuña	3.0
Cd Anahuac	8.0
Cd Juárez	132.0
Cd. Chihuahua	15.6
Cd. Miguel Alemán	9.0
Matamoros	48.0
Area Metropolitana de Monterrey	187.0
Nuevo Laredo	36.1
Piedras Negras	36.0
Reynosa	67.0
Total	561.7

Tabla 5. Derechos de Agua para uso público-urbano de Estados Unidos.

Derecho de Agua	Volumen (hm ³ /año)
Below Conchos Municipal	0.83
Brownsville	85.46
City of Balmorhea	0.79
Del Rio	14.08
Eagle Pass	9.51
El Paso	13.57
Laredo	57.03
McAllen	0.84
Muni Maverick	2.65
Water Master Section 2 Municipal Trib	0.00
Water Master Section 2 Municipal	0.22
Water Master Section 3_4 Municipal	2.71
Water Master Section 5 Municipal	2.89
Water Master Section 6 Municipal	0.29
Water Master Section 6 Municipal_BL	0.15
Water Master Section 6 Municipal_L	2.61
Water Master Section 7 Municipal	7.79
Water Master Section 8 Municipal	50.90
Water Master Section 9 to 13 Municipal	201.51
Total	453.8

Para México, solo se presentaran los resultados para las ciudades de Matamoros, Nuevo Laredo, Piedras Negras y Reynosa debido a que son las principales ciudades afectadas por los escenarios propuestos. En el escenario I.D se presentaran los resultados para el área metropolitana de Monterrey. Para Estados Unidos fueron consideradas las ciudades de Brownsville, Laredo, Eagle Pass, McAllen y la extracción Water Master Section 9 to 13 Municipal, ya que son las ciudades hermanas de las ciudades mexicanas seleccionadas.

Tabla 6. Volúmenes de concesión; extracción y déficit promedio; y extracción mínima para uso Público-Urbano, Cuenta Baseline Run.

Uso Público-Urbano	Concesión (hm ³ /año)	Extracción Promedio (hm ³ /año)	Déficit Promedio (hm ³ /año)	Extracción Mínima (hm ³ /año)
Matamoros	48.0	100%	0%	0%
Monterrey	187.0	96%	4%	74%
Nuevo Laredo	36.1	100%	0%	0%
Piedras Negras	36.0	100%	0%	0%
Reynosa	67.0	100%	0%	0%
Brownsville	85.5	100%	0%	0%
Eagle Pass	9.5	100%	0%	0%
Laredo	57.0	100%	0%	0%
McAllen	0.8	100%	0%	0%
WMS 9-13 Municipal	201.5	100%	0%	0%

La Tabla 6 y Figura 2 muestran los resultados de la extracción y déficit medio, así como la extracción mínima para los usos Público-Urbano seleccionados.

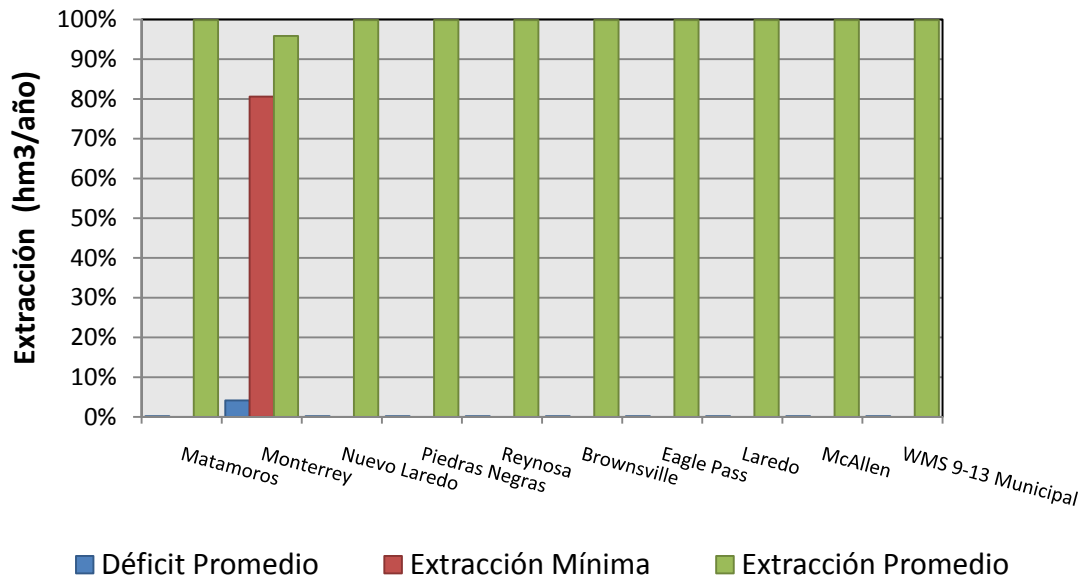


Figura 2. Extracción y déficit promedio, y extracción mínima para los usos publico-urbano seleccionados, Cuenta Baseline Run.

Escurreimientos en cauces

Se analizaron los resultados de los escurrimientos en los cinco ríos y un arroyo declarados en el tratado de 1944, los cuales son: Río Conchos, Río Escondido, Río Salado, Río San Diego, Río San Rodrigo y Arroyo Las Vacas. Los resultados de la entrega de agua anual, así como del volumen de entrega máxima y mínima por concepto del tratado son presentados en la Tabla 7 y Figura 3.

Tabla 7. Entrega de volúmenes de agua promedio, mínimo y máximo por concepto del tratado, cuenta Baseline Run.

Esgurrimiento	Esgurrimiento				Desviación Estándar (%)
	Promedio		Mínimo (%)	Máximo (%)	
	(hm³/año)	(%)			
Arroyo Las Vacas	6.4	1%	0%	7%	4.7
Rio Conchos	357.4	83%	14%	316%	205.1
Rio Escondido	31.0	7%	0%	19%	21.6
Rio Salado	108.3	25%	3%	134%	123.8
Rio San Diego	73.2	17%	7%	40%	36.3
Rio San Rodrigo	49.6	11%	1%	68%	49.7
Entrega al Tratado	625.8	145%	62%	371%	298.2

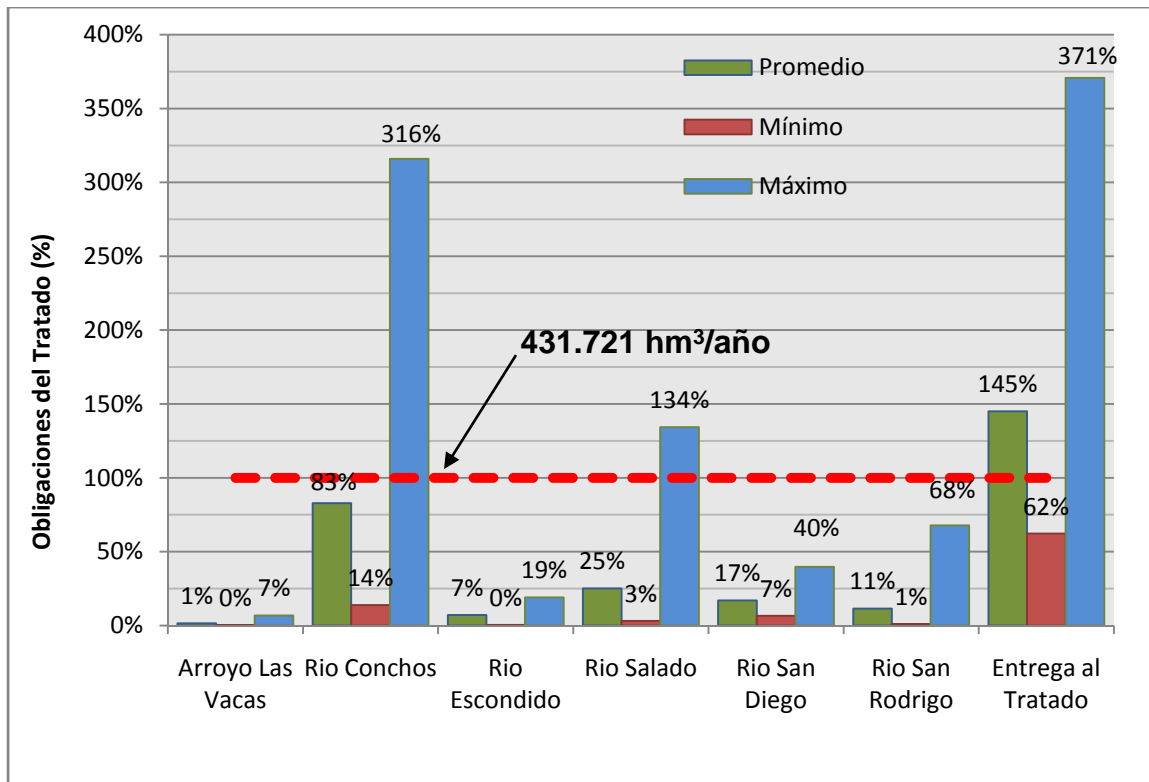


Figura 3. Entrega de volúmenes de agua promedio, mínimo y máximo por concepto del tratado, cuenta Baseline Run

La Tabla 8 presenta los volúmenes históricos entregados por concepto de obligaciones del tratado². El promedio anual histórico* es de 596.6 hm³/año (138% con respecto a 431.721 hm³/año), valor que varía 17.8 hm³/año (4% con respecto a 431.721 hm³/año) con respecto al obtenido en el escenario de referencia Baseline Run.

Tabla 8. Entrega de volúmenes de agua promedio, mínimo y máximo por concepto del tratado, cuenta Baseline Run.

Ciclo	Duración (Años)	Volumen (hm ³)			Promedio de entrega	
		Comprometido	Entregado	Diferencia	por año (hm ³ /año)	Con respecto a 431.721 hm ³ (%)
1	5.000	2,159	1,571	-588	314.2	73%
2	5.000	2,159	2,835	676	567.0	131%
3	5.000	2,159	2,198	39	439.6	102%
4	3.890	1,679	2,752	1,073	707.5	164%
5	0.485	209	274	65	564.9	131%
6	1.666	719	1,016	297	609.8	141%
7	2.145	926	1,913	987	891.8	207%
8	1.910	825	1,391	566	728.3	169%
9	0.027	12	47	35	1740.7	403%
10	0.808	349	685	336	847.8	196%
11	1.756	758	1,043	285	594.0	138%
12	0.230	99	210	111	913.0	211%
13	0.104	45	185	140	1778.8	412%
14	0.041	18	54	36	1317.1	305%
15	0.597	258	275	17	460.6	107%
16	5.000	2,159	1,879	-280	375.8	87%
17	0.060	26	93	67	1550.0	359%
18	0.110	47	128	81	1163.6	270%
19	0.079	34	74	40	936.7	217%
20	1.079	466	734	268	680.3	158%
21	3.093	1,335	2,446	1,111	790.8	183%
22	0.123	53	33	-20	268.3	62%
23	0.597	258	618	360	1035.2	240%
24	0.178	77	124	47	696.6	161%
25	5.000	2,159	896	-1,263	179.2	42%
26	5.000	2,159	1783	-376	356.6	83%
27	5.000	2,159	2,535	0	507.0	117%
Promedio Anual*					596.6	138%

* Promedio calculado no considerando ciclos menores a 1 mes debido a que el incremento de tiempo en el programa WEAP es de 1 mes.

Acuíferos

La Tabla 9 y Figura 4 muestran el almacenamiento medio mensual y el almacenamiento al final del periodo de análisis del acuífero Mecoqui para el escenario de referencia Baseline Run. La Figura 5 muestra el almacenamiento calculado a lo largo del periodo de análisis 1940-2000.

Tabla 9. Almacenamiento medio mensual, mínimo y máximo del Acuífero Mecoqui, cuenta Baseline Run.

Mes	Media		Mínimo (%)	Máximo (%)
	(hm ³ /mes)	(%)		
Oct	214.1	90%	11%	213%
Nov	246.1	103%	25%	227%
Dic	279.3	117%	39%	240%
Ene	282.6	118%	41%	241%
Feb	285.6	120%	42%	242%
Mar	266.9	112%	35%	235%
Abr	245.6	103%	27%	226%
May	236.7	99%	24%	223%
Jun	217.0	91%	16%	216%
Jul	198.2	83%	8%	209%
Ago	192.0	80%	6%	207%
Sep	200.7	84%	8%	211%
Media	238.7			

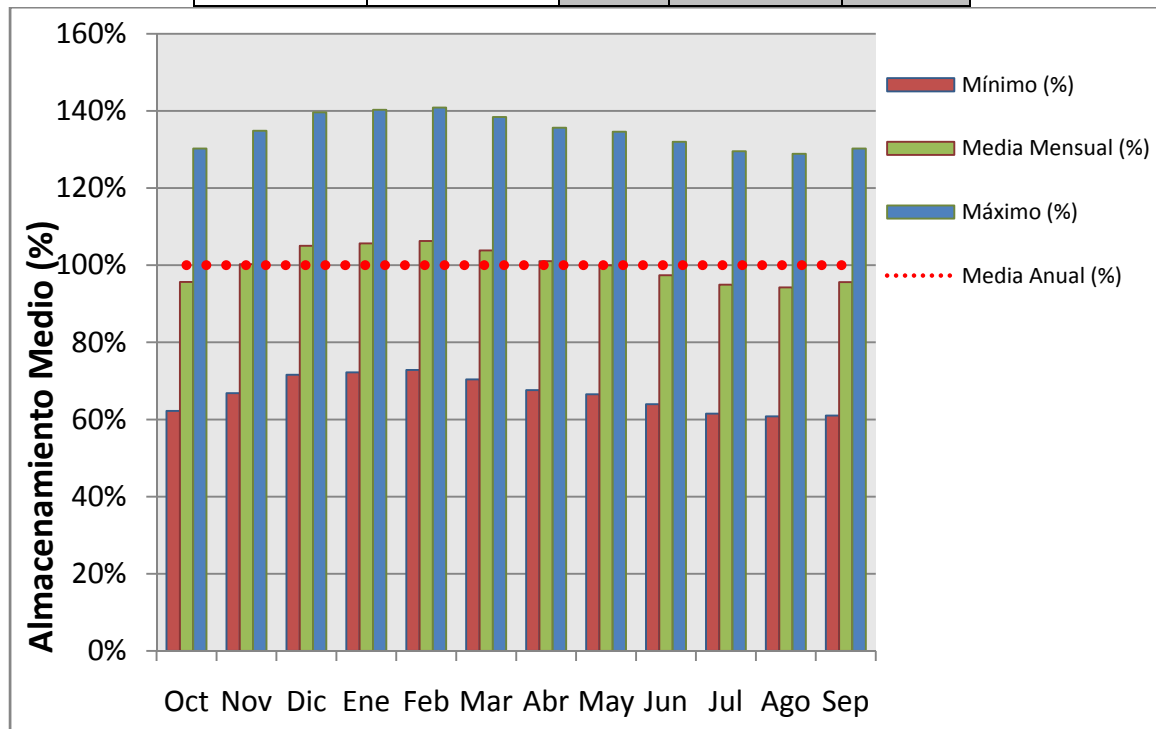


Figura 4. Almacenamiento mínimo, máximo y medio mensual del acuífero Mecoqui, cuenta Baseline Run

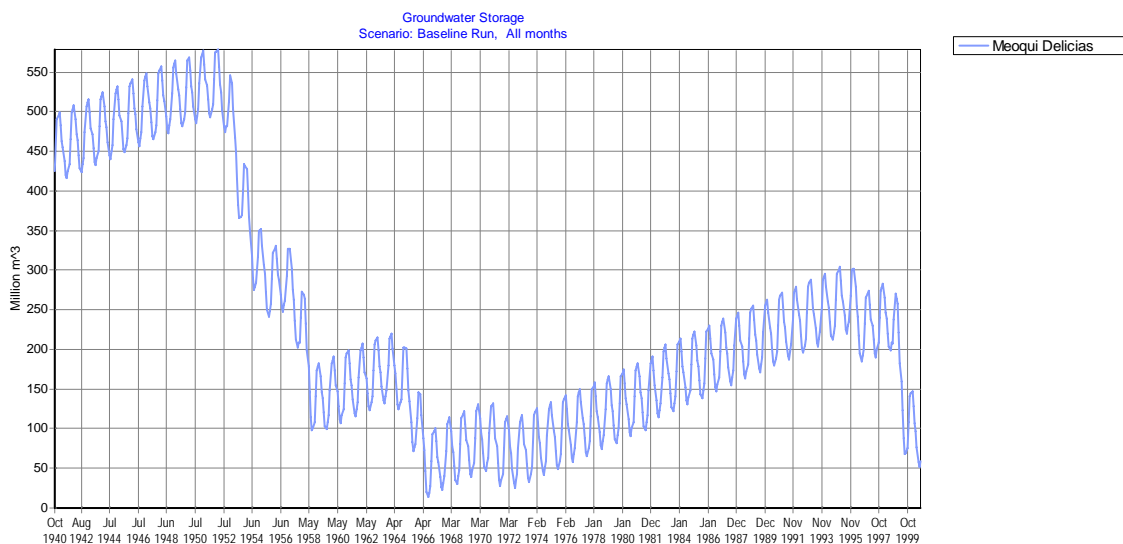


Figura 5. Almacenamiento a lo largo del periodo de análisis 1940-2000 del acuífero Meoqui, cuenta Baseline Run

Criterios de desempeño

La Tabla 10 y Figura 6 muestran la confiabilidad de los distritos de riego seleccionados para la cuenta Baseline Run.

Tabla 10. Confiabilidad de los distritos de riego seleccionados, cuenta Baseline Run.

Distrito de Riego	Concesión (hm ³ /año)	Confiabilidad (%)
DR-005 Delicias	906.1	76.5
DR-025 Bajo Rio Bravo	861.0	97.2
DR-090 Bajo Rio Conchos	85.0	100.0
WMS 8 Agriculture A	374.3	23.1
WMS 9-13 Agriculture A	1427.2	23.1

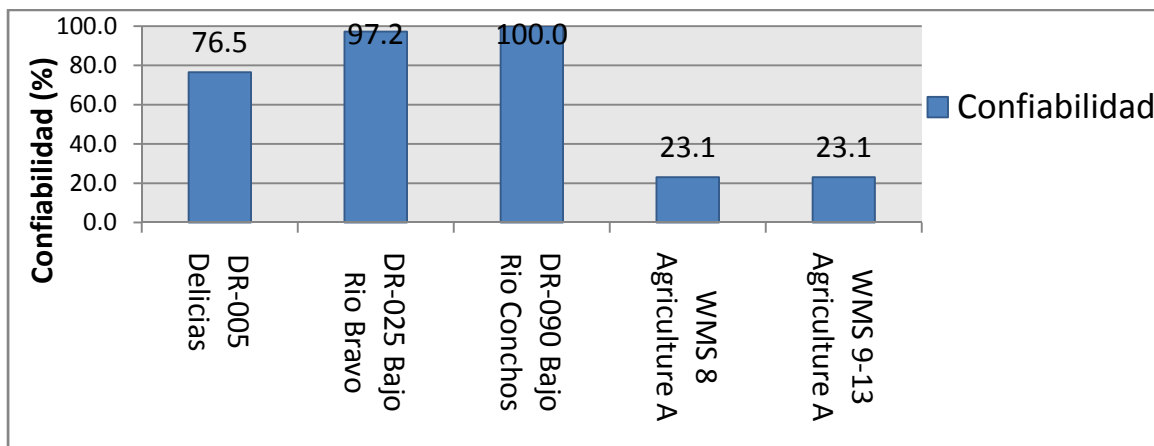


Figura 6. Confiabilidad de los distritos de Riego seleccionados, cuenta Baseline Run.

Debido a que los distritos de riego DR-005 Delicias, DR-025 Bajo Río Bravo, WMS 8 “A” y “B”; y WMS 9-13 “A” y “B” presentaron un déficit en su volumen de extracción, la Tabla 11 y Figura 7 muestran los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo experimentado en estos distritos de riego.

Tabla 11. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y Déficit Máximo para los distritos de riego que presentaron déficit en su extracción, cuenta Baseline Run.

Periodos:	DR-005	DR-025	WMS 8 "A"	WMS 9-13 "A"
Total	720	720	720	720
Con Déficit	169	20	554	554
Confiabilidad (%)	76.5%	97.2%	23.1%	23.1%
Periodos regresando de un Déficit	6	5	15	15
Resiliencia (%)	3.6%	25.0%	2.7%	2.7%
Volumen de Déficit (hm3)	2912.5	966.5	6866.0	26182.9
Vulnerabilidad (%Concesión /mes)	1.9%	5.6%	1.4%	3.3%
Déficit Máximo (%Concesión /mes)	7.2%	13.6%	10.1%	10.1%
Concesión (hm³/año)	906.1	861.0	374.3	1427.2

* Porcentajes obtenidos con respecto al volumen de concesión¹.

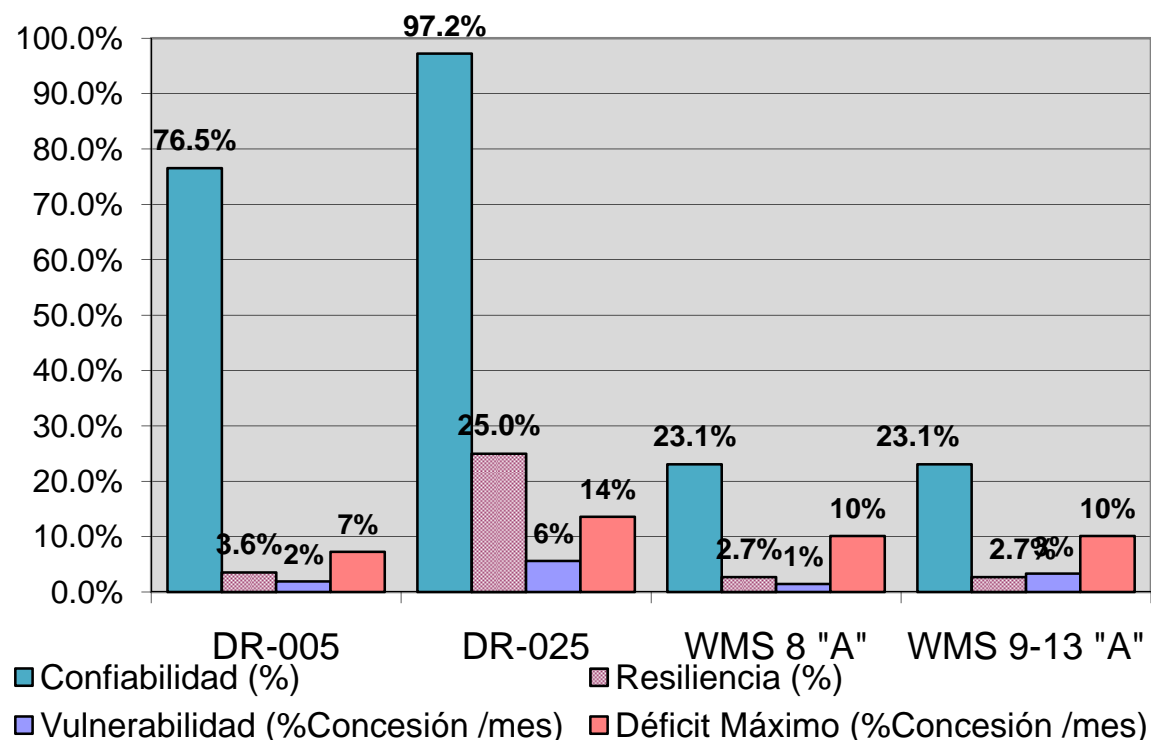


Figura 7. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y Déficit Máximo para los distritos de riego que presentaron déficit en su extracción, cuenta Baseline Run.

La Tabla 12 y Figura 8 muestran la confiabilidad de los usos público-urbanos seleccionados para la cuenta Baseline Run.

Tabla 12. Confiabilidad de los usos Público-Urbano seleccionados, cuenta Baseline Run.

Uso Público Urbano	Concesión ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Confiabilidad (%)
Matamoras	48.0	100.0
Area Metropolitana de Monterrey	187.0	76.4
Nuevo Laredo	36.1	100.0
Piedras Negras	36.0	100.0
Reynosa	67.0	100.0
Brownsville	51.5	100.0
Eagle Pass	9.5	100.0
Laredo	52.7	100.0
McAllen	0.8	99.0
WMS 9-13 Municipal	160.6	100.0

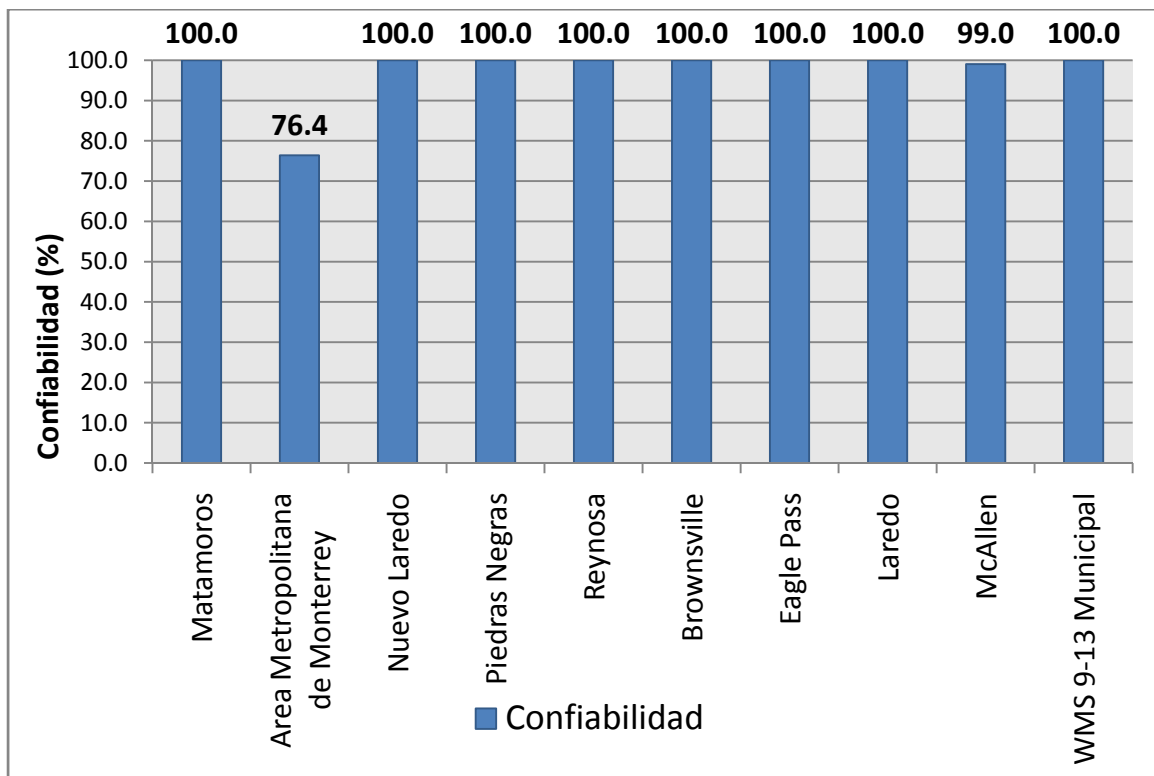


Figura 8. Confiabilidad de los usos Público-Urbano seleccionados, cuenta Baseline Run.

Debido a que la concesión para la ciudad de Monterrey fue la única que presentó déficit en su volumen de extracción, la Tabla 13 y Figura 9 muestran los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo experimentado para esta concesión.

Tabla 13. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y déficit máximo para los usos Público-Urbanos que presentaron déficit en su extracción, cuenta Baseline Run.

Periodos:	Monterrey
Total	720
Con Déficit	170
Confiabilidad (%)	76%
Periodos regresando de un Déficit	21
Resiliencia (%)	12%
Volumen de Déficit (hm ³)	449.5
Vulnerabilidad (%Concesión/mes)	1%
Déficit Máximo (%Concesión/mes)	2%
Concesión (hm³/año)	187.0

* Porcentajes obtenidos con respecto al volumen de concesión.

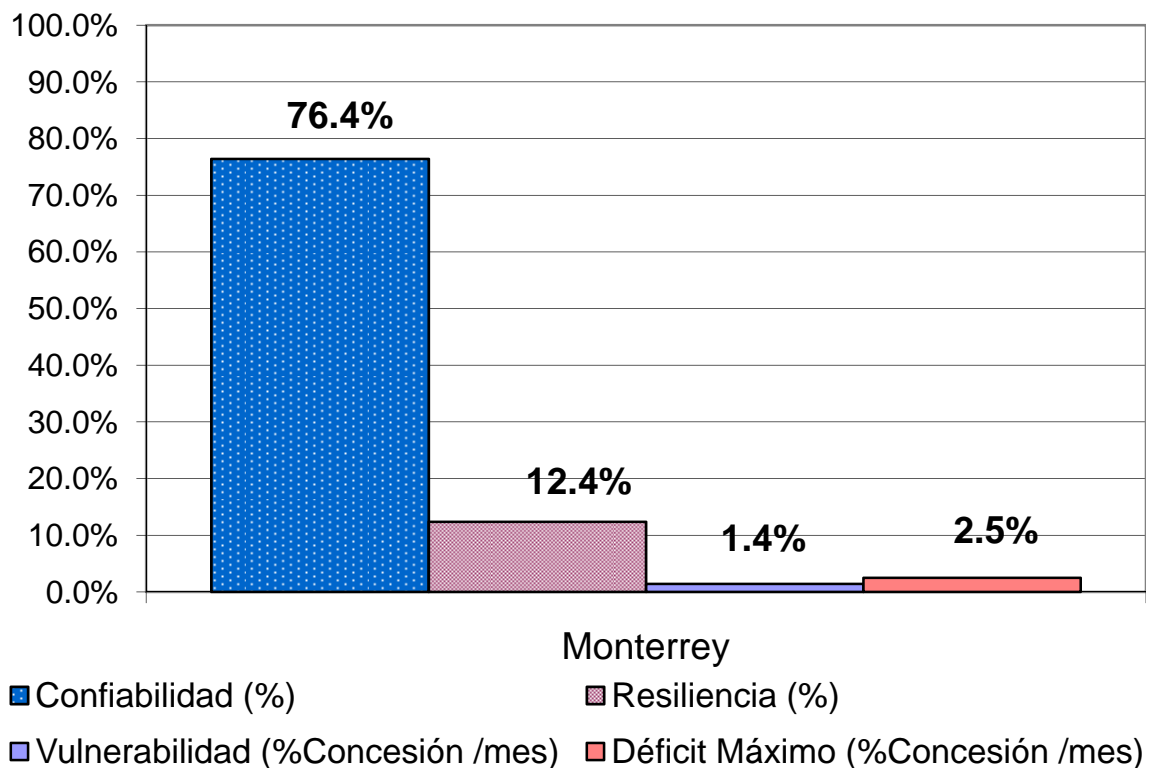


Figura 9. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y Déficit Máximo para los usos Público-Urbanos que presentaron déficit en su extracción, cuenta Baseline Run.

Presas

El Almacenamiento medio mensual, mínimo y máximo para las presas de la cuenca del Río Bravo/Grande se presentan en la Tabla 14 y Figura 10 como porcentaje del Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias de cada presa (NAME). De estos resultados se puede apreciar que existen presas que son de mayor importancia debido a la cantidad de agua que almacenan o por su relevancia en el análisis de los escenarios propuestos. Debido a esto, en este documento solo se presentan los resultados para las presas La Boquilla, Francisco I. Madero, Luís L. León, La Amistad y Falcon. Para el Escenario I.D se presentaran los resultados para las presas Marte R. Gómez, El Cuchillo y Las Blancas.

La Tabla 15 y Tabla 16 presenta los resultados del almacenamiento medio mensual, mínimo y máximo para la presa Amistad con respecto al Nivel Máximo de Aguas Extraordinarias (NAME); es decir, los valores mostrados en estas tablas representan el porcentaje de estos almacenamiento con respecto al NAME. La Figura 10 muestra estos resultados para la presa Amistad.

Tabla 14. Almacenamiento medio mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para las presas, cuenta Baseline Run.

Presa	NAMO (hm ³)	Almacenamiento		
		Medio (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Amistad	3887	87%	36%	116%
Caballo	269	55%	9%	130%
El Cuchillo	1123	90%	22%	100%
Elephant Butte	2540	95%	21%	100%
F. Madero	348	58%	9%	100%
Falcon	3273	82%	35%	107%
La Boquilla	2903.3	59%	9%	100%
Luis L. Leon	356	108%	52%	140%
Marte R. Gomez	829.98	80%	1%	139%
Red Bluff	413.39	58%	11%	100%
San Gabriel	255.43	64%	18%	100%
V. Carranza	1375	37%	0%	100%
Todas las demas	594.65	58%	29%	97%

Tabla 15. Almacenamiento medio mensual para la presa Amistad, cuenta Baseline Run.

Volumen	Volumen (hm ³)	Volumen (%)
Capacidad Total (NAME)	6025	149%
Capacidad Util (NAMO)	4040	100%
Almacenamiento Medio	3379.9	84%
Capacidad Muerta (NAMINO)	23	0.6%

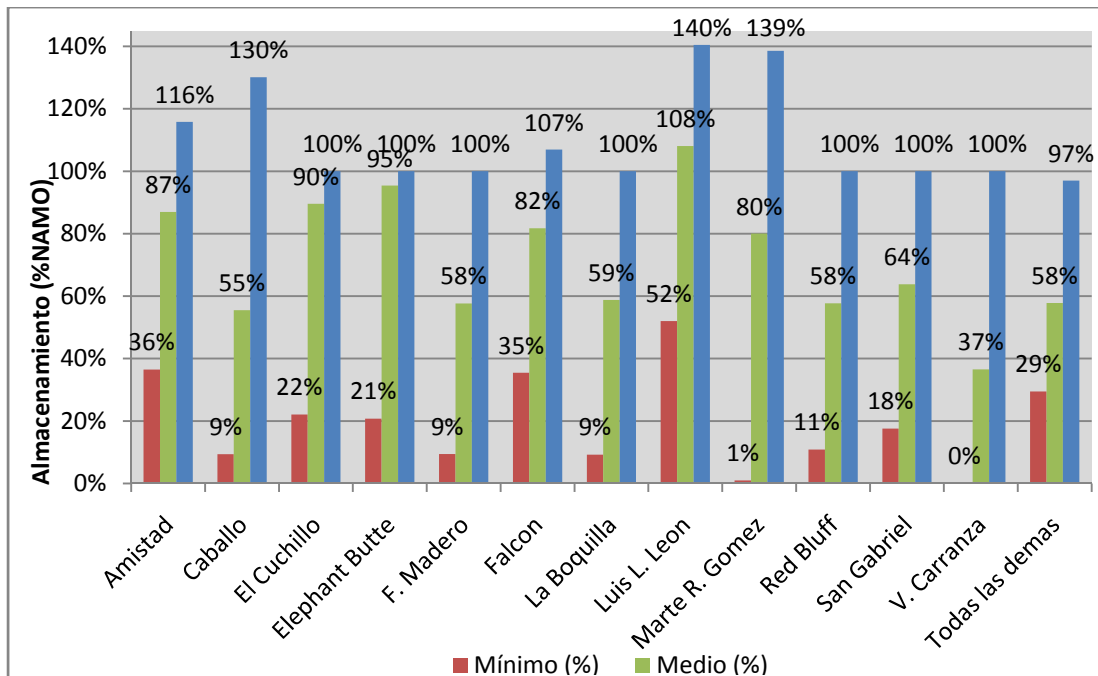


Figura 10. Almacenamiento medio mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para las presas, cuenta Baseline Run.

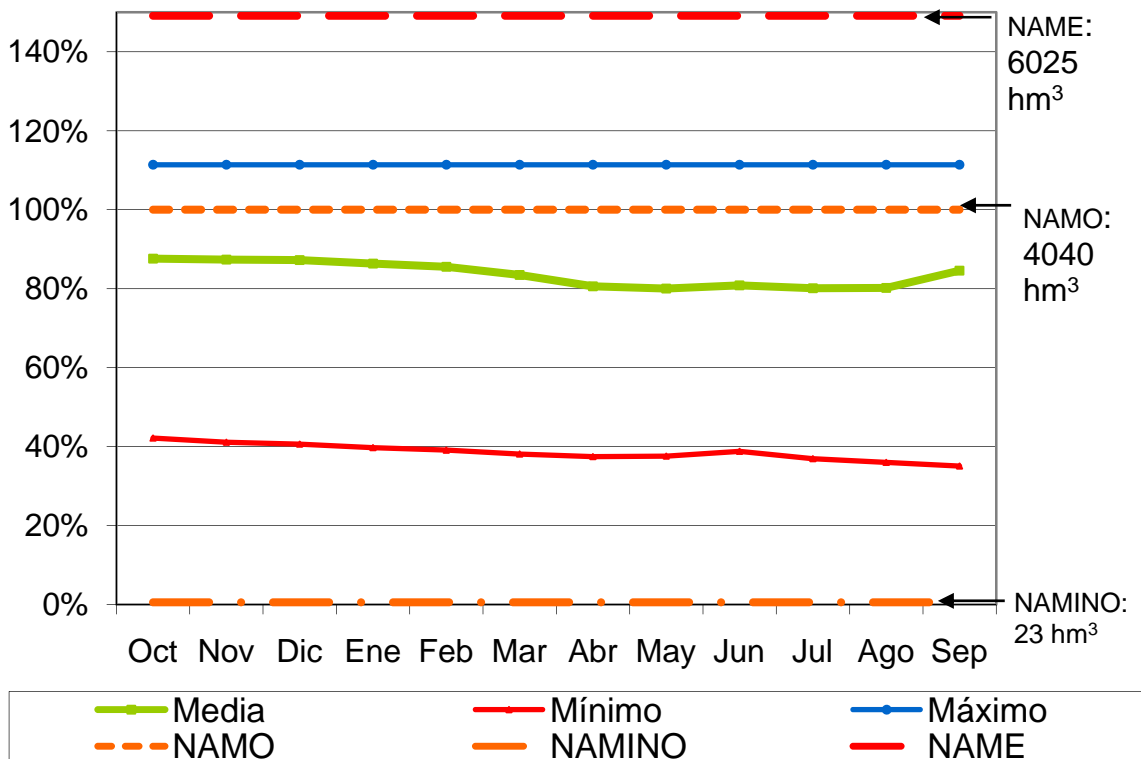


Figura 11. Almacenamiento medio mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presa Amistad, cuenta Baseline Run.

Tabla 16. Almacenamiento medio mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presa Amistad, cuenta Baseline Run.

Mes	Media (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Oct	88%	42%	111%
Nov	87%	41%	111%
Dic	87%	41%	111%
Ene	86%	40%	111%
Feb	86%	39%	111%
Mar	83%	38%	111%
Abr	81%	37%	111%
May	80%	38%	111%
Jun	81%	39%	111%
Jul	80%	37%	111%
Ago	80%	36%	111%
Sep	85%	35%	111%
Media	84%	39%	111%

La Tabla 17 y Tabla 18 presenta los resultados del almacenamiento medio mensual, mínimo y máximo para la presa Falcon con respecto al NAME. La Figura 12 muestra estos resultados para esta presa.

Tabla 17. Almacenamiento medio mensual para la presa Falcon, cuenta Baseline Run.

Volumen	Volumen (hm ³)	Volumen (%)
Capacidad Total (NAME)	3897	119%
Capacidad Util (NAMO)	3273	100%
Almacenamiento Medio	2675.2	82%
Capacidad Muerta (NAMINO)	100	3%

Tabla 18. Almacenamiento medio mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presa Falcon, cuenta Baseline Run.

La Tabla 19 y

Tabla **20** presenta los resultados del almacenamiento medio mensual, mínimo y máximo para la presa La Boquilla con respecto al NAME. La Figura 13 muestra estos resultados para esta presa.

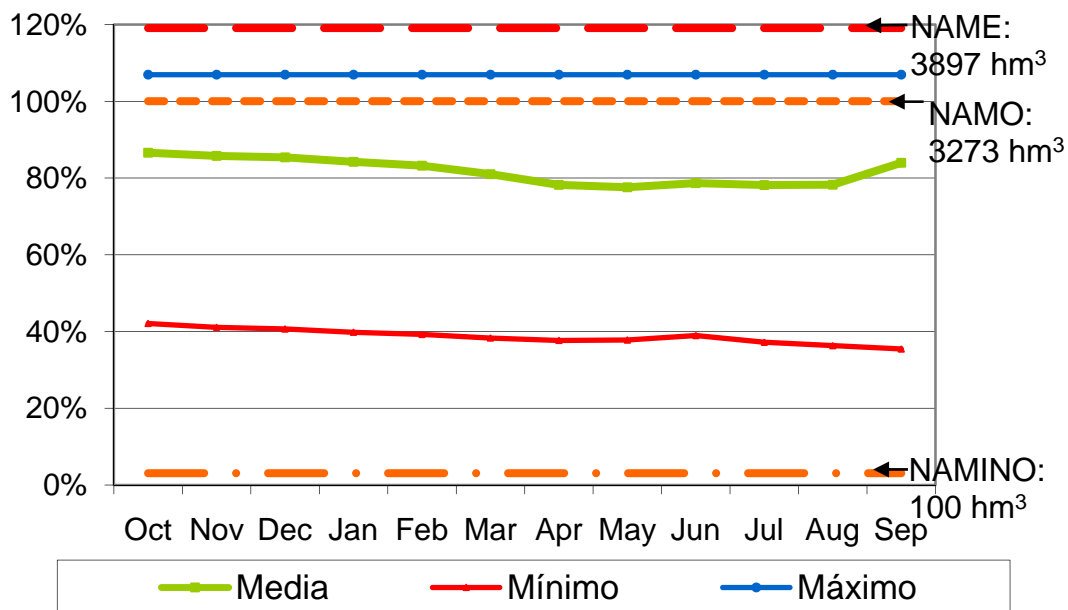


Figura 12. Almacenamiento medio mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presa Falcon, cuenta Baseline Run.

Tabla 19. Almacenamiento medio mensual para la presa La Boquilla, cuenta Baseline Run.

Volumen	Volumen (hm³)	Volumen (%)
Capacidad Total (NAME)	3336	115%
Capacidad Util (NAMO)	2903.3	100%
Almacenamiento Medio	1705.9	59%
Capacidad Muerta (NAMINO)	129.7	4%

Tabla 20. Almacenamiento medio mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presa La Boquilla, cuenta Baseline Run.

Mes	Media (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Oct	65%	15%	100%
Nov	65%	15%	100%
Dic	65%	15%	100%
Ene	63%	15%	100%
Feb	62%	14%	99%
Mar	59%	13%	98%
Abr	55%	11%	95%
May	52%	10%	94%
Jun	49%	9%	90%
Jul	50%	12%	91%
Ago	57%	15%	100%
Sep	63%	15%	100%

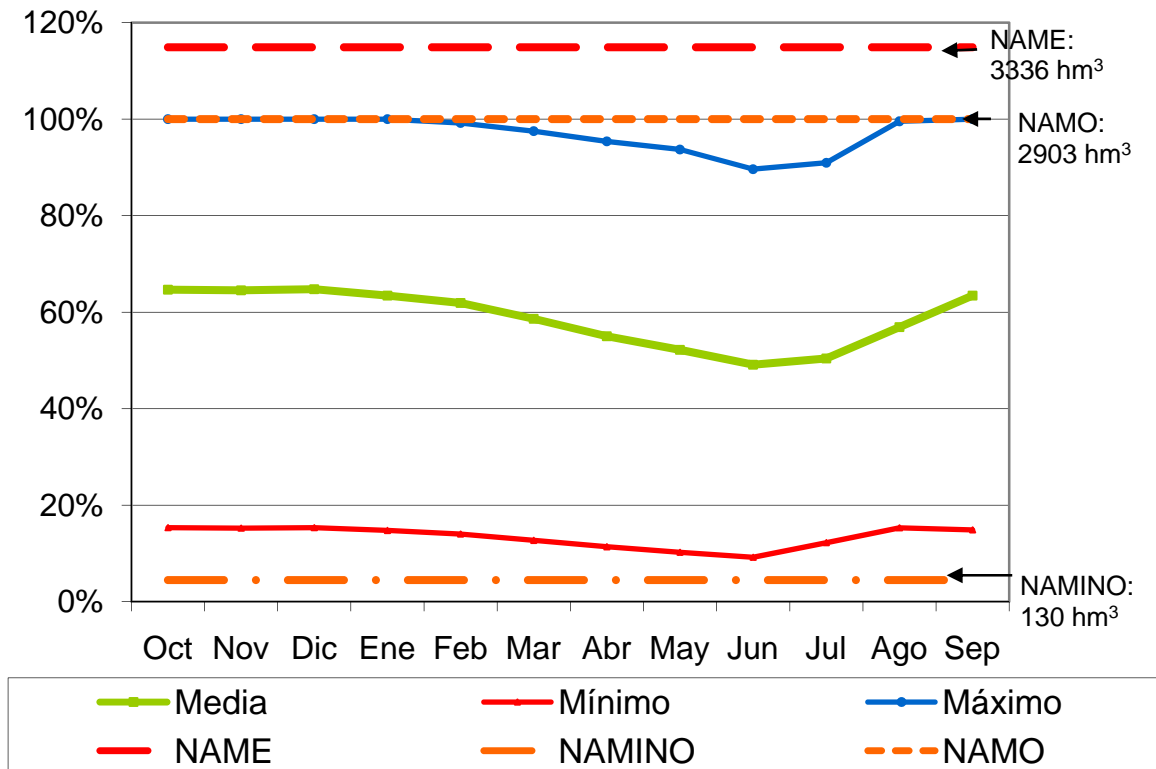


Figura 13. Almacenamiento medio mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presa La Boquilla, cuenta Baseline Run.

La Tabla 21 y Tabla 22 presenta los resultados del almacenamiento medio mensual, mínimo y máximo para la presa Francisco I. Madero con respecto al NAME. La Figura 14 muestra estos resultados para esta presa.

Tabla 21. Almacenamiento medio Anual para la presa F. Madero, cuenta Baseline Run.

Volumen	Volumen (hm ³)	Volumen (%)
Capacidad Total (NAME)	565	162%
Capacidad Util (NAMO)	348	100%
Almacenamiento Medio	200.6	58%
Capacidad Muerta (NAMINO)	5.3	2%

Tabla 22. Almacenamiento medio mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presa F. Madero, cuenta Baseline Run.

Mes	Media (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Oct	68%	14%	100%
Nov	69%	14%	100%
Dic	69%	15%	100%
Ene	66%	14%	98%
Feb	63%	14%	96%
Mar	56%	12%	91%
Abr	49%	11%	87%
May	44%	9%	83%
Jun	39%	10%	84%
Jul	46%	13%	91%
Ago	56%	16%	100%
Sep	66%	15%	100%

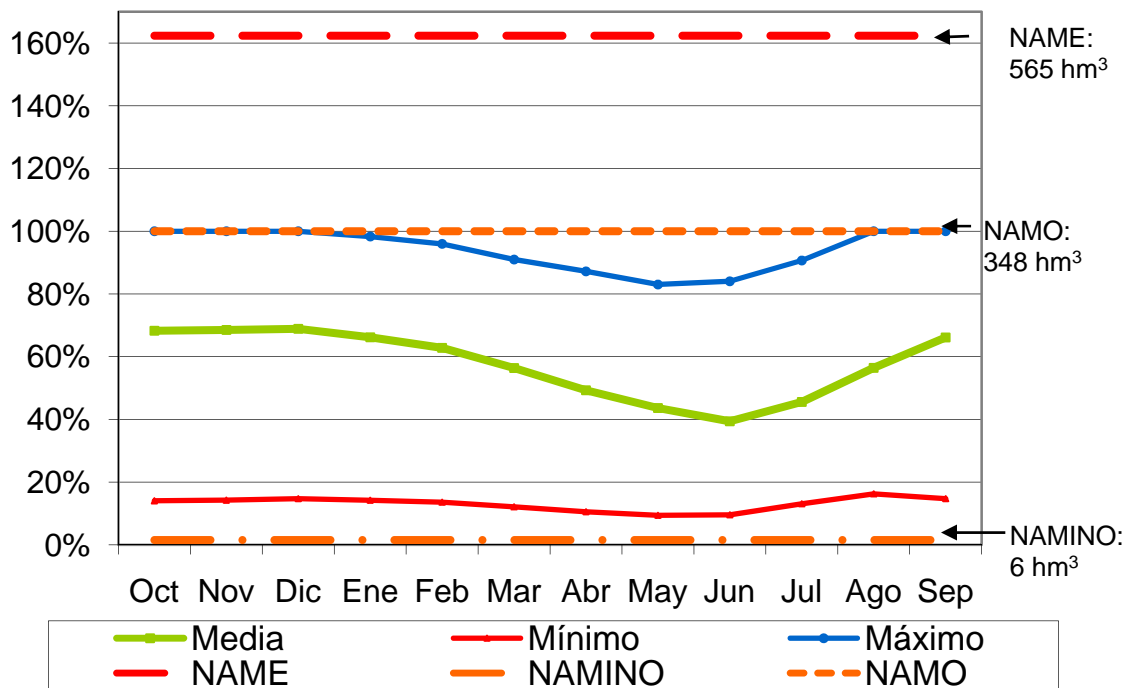


Figura 14. Almacenamiento medio mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presa F. Madero, cuenta Baseline Run.

La Tabla 23 y Tabla 24 presenta los resultados del almacenamiento medio mensual, mínimo y máximo para la presa Luís L. León con respecto al NAME. La Figura 15 muestra estos resultados para esta presa.

Tabla 23. Almacenamiento medio mensual para la presa Luís L. León, cuenta Baseline Run.

Volumen	Volumen (hm ³)	Volumen (%)
Capacidad Total (NAME)	877	246%
Capacidad Util (NAMO)	356	100%
Almacenamiento Medio Mensual	384.7	108%
Capacidad Muerta (NAMINO)	42.5	11.9%

Tabla 24. Almacenamiento medio mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presa Luís L. León, cuenta Baseline Run.

Mes	Media (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Oct	113%	60%	140%
Nov	113%	59%	140%
Dic	112%	58%	140%
Ene	111%	57%	140%
Feb	111%	57%	140%
Mar	108%	56%	140%
Abr	105%	55%	140%
May	104%	55%	140%
Jun	104%	56%	140%
Jul	103%	54%	140%
Ago	104%	53%	140%
Sep	109%	52%	140%

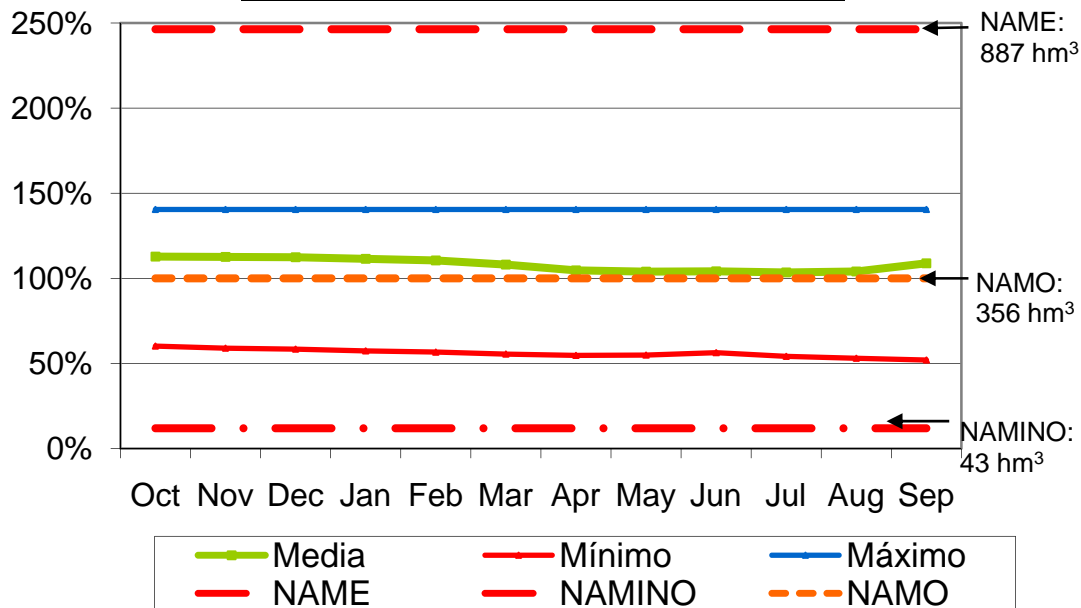


Figura 15. Almacenamiento medio mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presa Luís L. León, cuenta Baseline Run.

La Tabla 25 y Tabla 26 presenta los resultados del almacenamiento medio mensual, mínimo y máximo para la presa El Cuchillo con respecto al NAME. La Figura 16 muestra estos resultados para esta presa.

Tabla 25. Almacenamiento medio mensual para la presa El Cuchillo, cuenta Baseline Run.

Volumen	Volumen (hm ³)	Volumen (%)
Capacidad Total (NAME)	1784	159%
Capacidad Util (NAMO)	1123	100%
Almacenamiento Medio Mensual	1005.9	90%
Capacidad Muerta (NAMINO)	100	9%

Tabla 26. Almacenamiento medio mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presa El Cuchillo, cuenta Baseline Run.

Mes	Media (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Oct	93%	60%	100%
Nov	93%	58%	100%
Dic	92%	56%	100%
Ene	91%	54%	100%
Feb	91%	52%	100%
Mar	89%	50%	100%
Abr	88%	41%	100%
May	87%	32%	100%
Jun	87%	27%	100%
Jul	86%	22%	100%
Ago	87%	48%	100%
Sep	91%	58%	100%

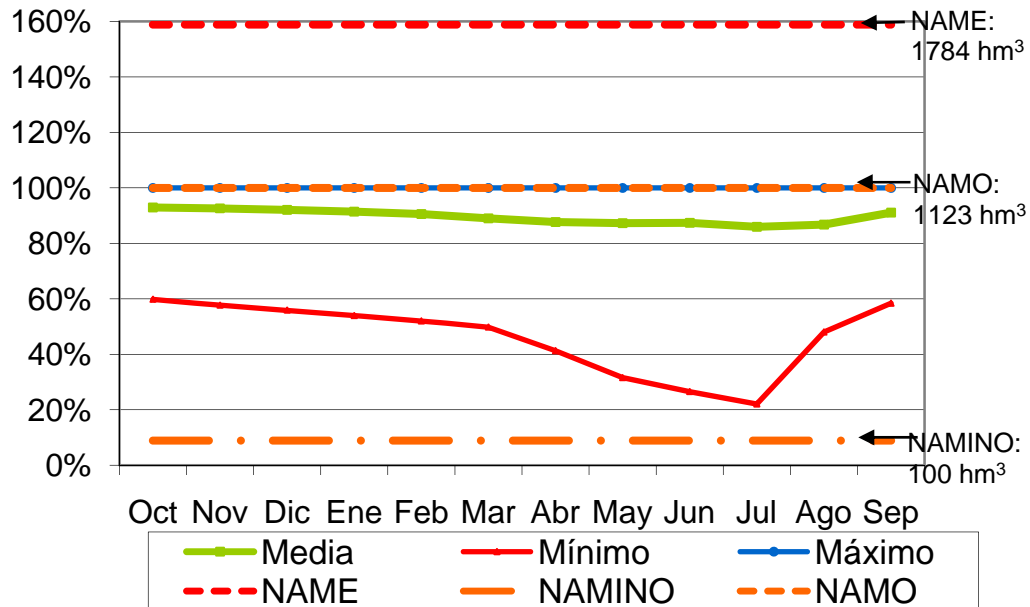


Figura 16. Almacenamiento medio mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presa El Cuchillo, cuenta Baseline Run.

La Tabla 27 y Tabla 28 presenta los resultados del almacenamiento medio mensual, mínimo y máximo para la presa Marte R. Gómez con respecto al NAME. La Figura 17 muestra estos resultados para esta presa.

Tabla 27. Almacenamiento medio mensual para la presa Marte R. Gómez, cuenta Baseline Run.

Volumen	Volumen (hm ³)	Volumen (%)
Capacidad Total (NAME)	2303.9	278%
Capacidad Util (NAMO)	830.0	100%
Almacenamiento Medio Mensual	664.3	80%
Capacidad Muerta (NAMINO)	8.2	1.0%

Tabla 28. Almacenamiento medio mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presa Marte R. Gómez, cuenta Baseline Run.

Mes	Media (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Oct	91%	9%	139%
Nov	90%	7%	139%
Dic	89%	6%	139%
Ene	85%	1%	139%
Feb	82%	1%	139%
Mar	79%	1%	137%
Abr	73%	1%	133%
May	70%	1%	134%
Jun	72%	1%	139%
Jul	70%	1%	139%
Ago	73%	9%	139%
Sep	87%	12%	139%

La Tabla 29 y Tabla 30 presenta los resultados del almacenamiento medio mensual, mínimo y máximo para la presa Las Blancas con respecto al NAME. La Figura 18 muestra estos resultados para esta presa.

Tabla 29. Almacenamiento medio mensual para la presa Las Blancas, cuenta Baseline Run.

Volumen	Volumen (hm ³)	Volumen (%)
Capacidad Total (NAME)	134	160%
Capacidad Util (NAMO)	84	100%
Almacenamiento Medio Mensual	82.8	99%
Capacidad Muerta (NAMINO)	24	29%

Tabla 30. Almacenamiento medio mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presa Las Blancas, cuenta Baseline Run.

Mes	Media (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Oct	98%	99%	100%
Nov	98%	99%	100%
Dic	99%	99%	100%
Ene	99%	99%	100%
Feb	98%	99%	100%
Mar	98%	99%	100%
Abr	98%	99%	100%
May	99%	99%	100%
Jun	99%	99%	100%
Jul	99%	99%	100%
Ago	99%	99%	100%
Sep	99%	99%	100%

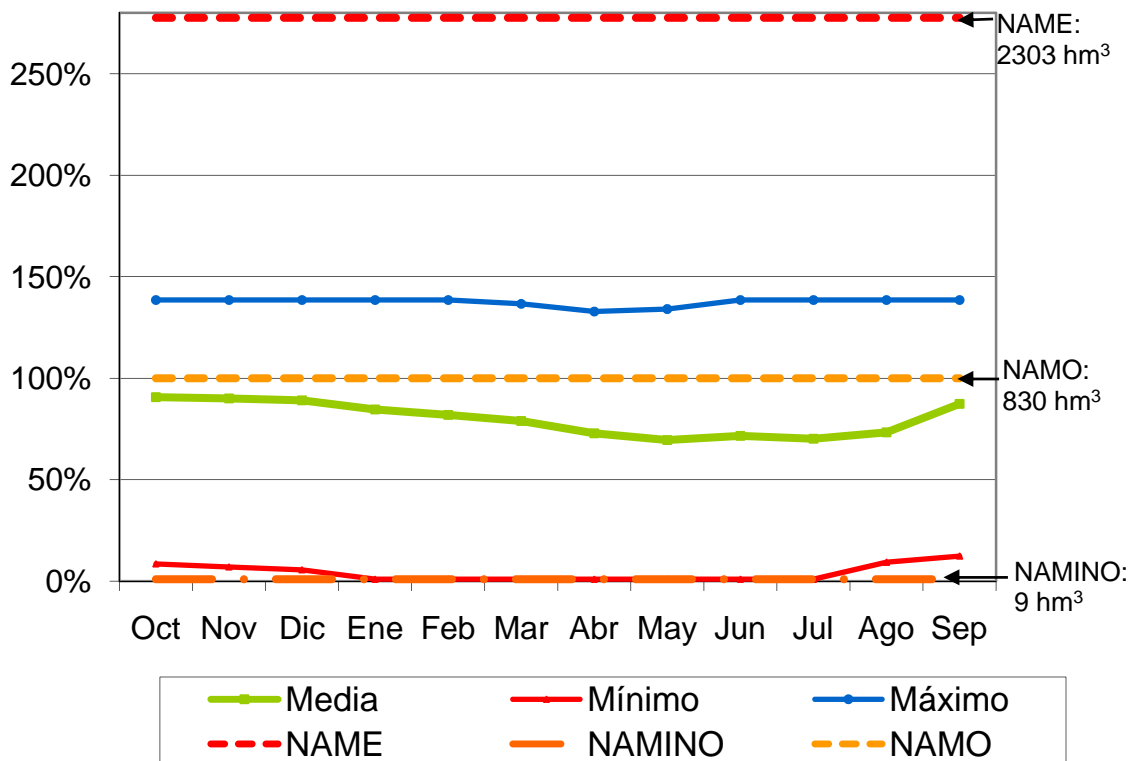


Figura 17. Almacenamiento Medio Mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presa Marte R. Gómez, cuenta Baseline Run.

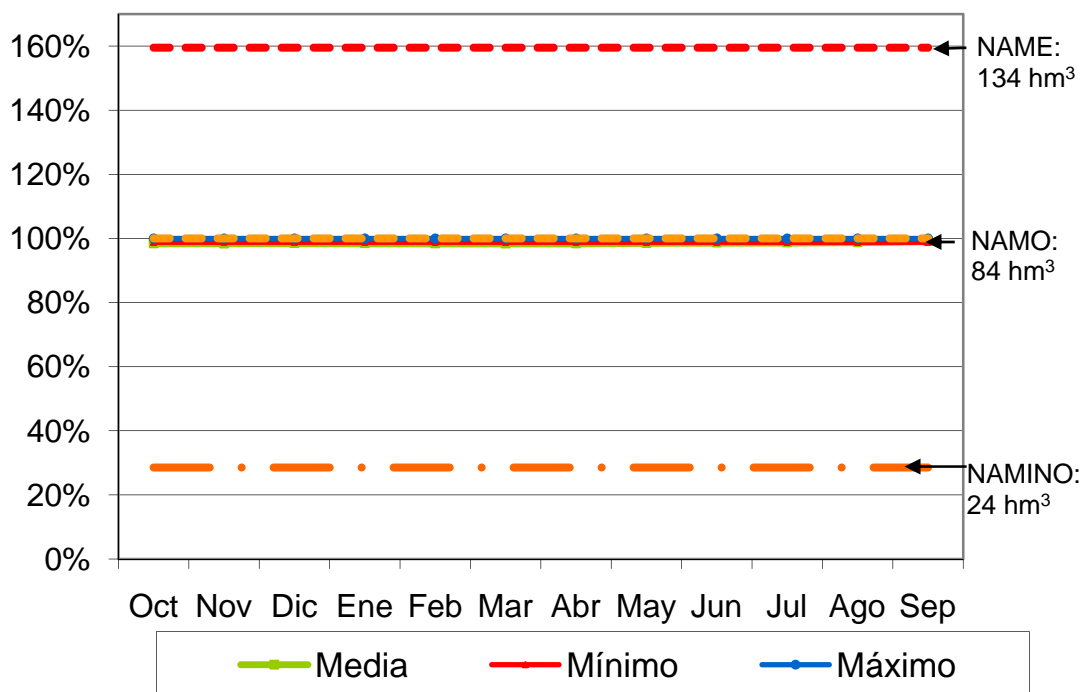


Figura 18. Almacenamiento Medio Mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presa Las Blancas, cuenta Baseline Run.

3.4. Condiciones Hidrológicas

Para definir la aplicación de varios de los escenarios aquí expuestos, se hará referencia a las condiciones hidrológicas, las cuales en conjunto con otros valores permitirán decidir la aplicación o suspensión de políticas de administración propuestas, tales como el banqueo o extracción del agua, entre otros.

Un análisis de frecuencia de escurrimientos en el Río Conchos fue realizado para definir la condición hidrológica de un año específico para los registros de escurrimientos restituidos (muy seco, seco, normal, húmedo y muy húmedo). El período hidrológico de análisis es de 1940 a 2000. Primero, un análisis de frecuencia de escurrimientos restituidos fue desarrollado para el Río Grande/Bravo aguas arriba de la presa La Amistad. En segundo lugar, un análisis de frecuencia de escurrimiento restituido fue realizado para comparar las condiciones hidrológicas entre la Cuenca del Río Conchos y el flujo restituido aguas arriba de la presa La Amistad. Tercero, se tomó la decisión de utilizar el análisis correspondiente al Río Conchos debido a que el año normal (1970) estimado para los registros aguas arriba de la presa La Amistad es un año histórico en el cual la presa La Amistad se estaba llenando. Históricamente, en el año normal de escurrimientos naturalizados considerado para el Río Conchos (1972), la mitad de las presas ya se habían construido y la diferencia entre los percentiles de 1972 y 1970 es casi insignificante (4 puntos); además que las condiciones locales de la Cuenca del Río Conchos definirán la asignación del agua en esta Cuenca. De acuerdo con un análisis de

la curva de duración del escurrimiento restituído, los porcentajes por cada año fueron obtenidos y las condiciones hidrológicas para cada año fueron definidas.

- Muy Seco (critico) escurrimiento < 15% (p. ej. 1969)
- Seco (Sequía) 15% < escurrimiento < 30% (p. ej. 1977)
- Condiciones Normales 30% < escurrimiento < 70% (p. ej. 1972)
- Condiciones Húmedas 70% < escurrimiento < 85% (p. ej. 1955)
- Muy Húmedas escurrimiento > 85% (p. ej. 1949)

En la Figura 19 y Tabla 31 se muestra la curva de duración de escurrimiento naturalizado para el Río Conchos.

Tabla 31. Condiciones Hidrológicas y Escurrimientos para el Río Conchos

Periodo	Año Representativo	Percentil	Escurrimiento (hm ³ /año)	% respecto al Año Normal
Muy Seco (VD)	1969	p<0.15	577.23	46.69%
Seco (D)	1977	0.15<p<0.30	806.47	65.24%
Normal (N)	1972	0.30<p<0.70	1236.20	100.00%
Húmedo (W)	1955	p>0.70	1505.19	121.76%
Muy Húmedo (VW)	1949	p>0.85	2020.23	163.42%

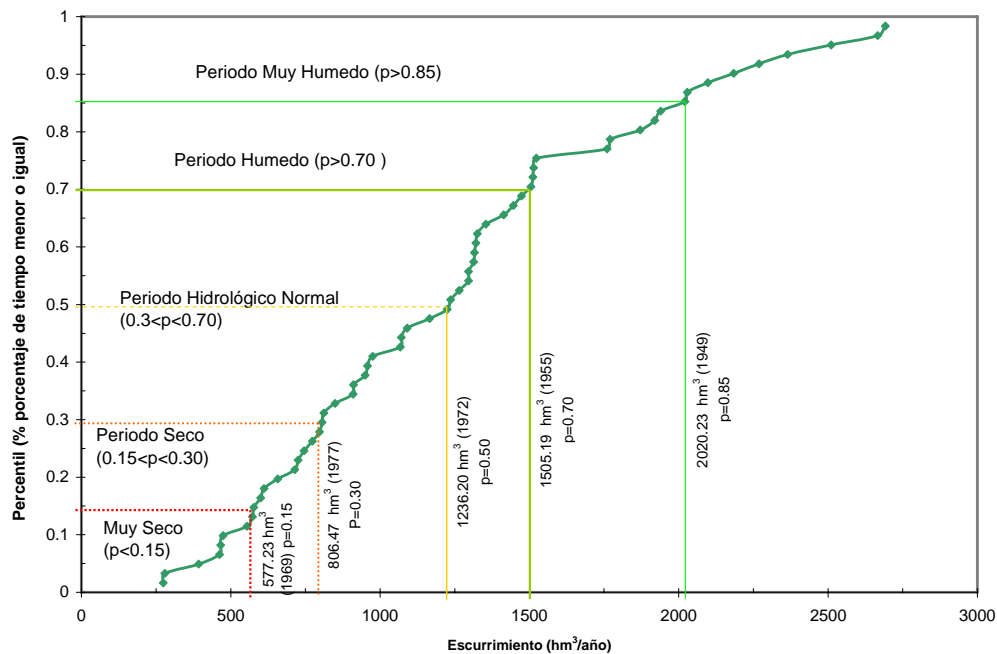


Figura 19. Curva de duración de escurrimientos para el Río Conchos

Además, se convirtieron los percentiles a porcentajes. El cociente del escurrimiento anual del año en cuestión dividido entre el escurrimiento anual del año normal fue utilizado para convertir estos percentiles en porcentajes. La ecuación 1 muestra este cálculo

$$PP_i = \frac{E_{scurrimientoAnual}_i}{E_{scurrimientoAnual}_{Normal}} [\%] \quad [1]$$

Donde PP_i es el porcentaje representativo para el i-ésimo percentil,
 $E_{scurrimientoAnual}_i$ es el escurrimiento naturalizado para el i-ésimo percentil y
 $E_{scurrimientoAnual}_{Normal}$ es el escurrimiento naturalizado para el año normal, definido como el percentil 0.50. La última columna de la Tabla 31 muestra los porcentajes que corresponden a su respectivo percentil.

3.5. Desarrollo de escenarios

Escenario I	Estrategias para proveer beneficios en todo el sistema
Escenario IA	La CNA compra la mayoría o todos los títulos de concesión conferidos desde 1995 en Chihuahua y Tamaulipas

La CNA compra la mayoría o todos los títulos de concesión conferidos desde 1995 en Chihuahua y Tamaulipas para reducir la sobre-apropiación de agua relativa a las extracciones disponibles. Esta acción podría reducir considerablemente la demanda de agua en México y hacer más fácil el cumplimiento de las obligaciones debido al tratado durante periodos prolongados de sequía en la cuenca. Para hacer esto posible, es necesaria la venta de títulos a precios de mercado atractivos para los futuros vendedores. La CNA ya está en el proceso de compra de concesiones que no han estado activas en años recientes (quizá debido a la falta en la entrega de agua) a través del programa PADUA a 2000 pesos por 1000 m³ de agua superficial (\$228 USD por acre-pie) y a 2500 pesos por 1000 m³ de agua subterránea (\$285 USD por acre-pie)ⁱ. Sin embargo, el envío de esta agua desde la cuenca del Río Conchos hasta Tamaulipas requerirá que 1/3 de esta agua sea entregada a Estados Unidos de acuerdo a la asignación de aguas del tratado de 1944.

Resumen de Resultados

El escenario I.A del manejo de escenarios del agua para la cuenca del Río Grande/Río Bravo fue desarrollado comparando los resultados obtenidos de el escenario de referencia Baseline Run y la cuenta de Scenariio I.A; así como utilizando los volúmenes de agua apoyados mediante el programa PADUA (Programa de Adecuación de Derechos de Uso del Agua y Redimensionamiento de Distritos de Riego). El objetivo de este programa es rescatar títulos de concesión previamente otorgados a usuarios de riego, pero que, en las condiciones actuales de escasez en las fuentes de agua superficial y subterránea, resulta imposible o difícil de abastecer, tanto por razones económicas como por las condiciones hidrológicas³. Se utilizo como referencia el programa PADUA por dos razones. Primero, los volúmenes de agua inscritos en el REPDA antes de 1995 son muy pocos debido a que los concesionarios tramitan sus prórrogas periódicamente. Segundo, El PADUA es el único programa que se ha aplicado para la compra permanente de derechos de agua, el cual es el caso de este escenario. En el programa PADUA, los volúmenes de agua apoyados para el Distrito de Riego (DR) 005 Delicias fueron 91.265 hm³/año de agua superficial y 18.327 hm³/año de agua subterránea. Además, en el DR 090 Bajo Conchos los volúmenes de agua apoyados fueron 21.349 hm³/año de agua superficial⁴. El volumen

ⁱ Tipo de Cambio Considerado \$10.80 pesos por dólar.

total de agua apoyada por el programa PADUA fue de 112.614 hm³/año de agua superficial y 18.327 hm³/año de agua subterránea^{5 6 7}.

El distrito de riego beneficiado por la compra permanente de volúmenes de concesión es el DR-005 Delicias, el cual presento un incremento en su extracción media de 94.3 a 97.2%, con respecto a su volumen de concesión. Su confiabilidad se incremento de 76.5 a 86.7%, con respecto a la cuenta Baseline Run. Los usos Público-Urbanos no se vieron afectados por la aplicación de este escenario, presentando una extracción promedio y confiabilidad del 100%. Las demás extracciones seleccionadas en el escenario de referencia no mencionadas presentaron una extracción promedio y confiabilidad del 100%. Para las obligaciones del tratado de 1944, el Río Conchos fue el único que presento un incremento en su volumen promedio anual destinado al tratado de 357.4 a 368.2 hm³/año (del 83 al 85% con respecto al volumen promedio anual comprometido por concepto del tratado que es de 431.721 hm³/año). Amistad, Francisco I. Madero, La Boquilla y Luís L. León presentaron un incremento en el almacenamiento medio mensual de 87 a 88%, de 58 a 65%, de 59% a 62%, y de 108 a 109% respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa. Además, se presento un cambio en el almacenamiento mínimo experimentado de las presas Amistad F. Madero, Falcon, La Boquilla y Luís L. León de 36 a 40%, de 9 a 13%, de 35 a 39%, de 9 a 12% y de 52 a 56% respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa. La presa internacional Falcon no presento ningún cambio en el almacenamiento medio mensual el cual es de 82% tanto para la cuenta Baseline Run, como para la cuenta Scenariio I.A. El acuífero Meoqui presento un incremento en el almacenamiento de 141% con respecto a la cuenta Baseline Run. Al final del periodo de análisis, el almacenamiento del acuífero Meoqui para la cuenta Baseline Run y Scenariio I.A fue de 59.5 hm³ y de 244.9 hm³ respectivamente.

Antecedentes

Los derechos de agua inscritos en el REPDA para la región hidrológica Administrativa 6 Río Bravo antes de 1995 son 67 y tienen un volumen de agua concesionada de 4671.41 hm³/año⁸. En su mayoría, estas concesiones son de particulares y no incluyen ningún distrito de riego y muy pocos usos público urbano, que son las principales extracciones que rigen el comportamiento de la cuenca del Río Bravo/Grande. Por lo anterior, no fueron utilizados los volúmenes de agua previos a 1995.

Por otra parte, el programa PADUA representa un precedente en la re-adquisición permanente de volúmenes de agua concesionados. Además de contar con datos reales de los volúmenes comprados, el PADUA permite sentar una base para el análisis económico de este escenario, debido a que se estableció el valor económico del volumen de agua re-adquirido.

Programa PADUA

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), es la secretaria a cargo del programa PADUA. No obstante, la aprobación para la compra de concesiones está dada por la CNA, ya que las concesiones tiene que estar inscritas en el REPD⁸.

El objetivo del PADUA es promover la productividad y competitividad de los distritos de riego. Otro objetivo es la necesidad de formular estrategias para satisfacer la demanda con la disponibilidad de agua. En 2008, de acuerdo a las regulaciones del TLCAN, se liberaran las tarifas para el comercio de productos agrícolas⁹. Debido a lo anterior, la productividad y competitividad son objetivos clave en el programa PADUA.

El programa PADUA involucra solo ciertos distritos de riego que la CNA considera con problemas de disponibilidad de agua. Los distritos de riego más importantes para la cuenca del Río Grande/Bravo son: DR-005 Delicias, DR-090 Bajo Río Conchos en Chihuahua; DR-006 Palestina en Coahuila; DR-025 Bajo Río Bravo, DR-026 Bajo Río San Juan en Tamaulipas; y DR-031 Las Lajas en Nuevo León ⁶.

El precio establecido por el programa PADUA fue de \$2000 por millar de metro cúbico (\$228 USD por acre-pie) para agua superficial y \$2500 por millar de metro cúbico (\$285 USD por acre-pie) ⁱⁱ para agua subterránea. Estos fueron los precios establecidos para todos los derechos de agua apoyados en el programa PADUA del 2004 al 2006.

La Tabla 32 muestra la cantidad de agua apoyada por distrito de riego, tanto de agua superficial como de agua subterránea, así como la cantidad de dinero pagada en pesos. La Tabla 33 muestra los volúmenes de concesión de los distritos de riego DR-005 Delicias y DR-090 Bajo Río Conchos después de que el programa PADUA fue llevado a cabo.

Tabla 32. Volúmenes apoyados en el programa del PADUA (2004-2006) ^{2 3}.

Periodo	Distrito de Riego	Volúmenes apoyados		Comentarios
		Agua Superficial (hm ³)	Subterránea (hm ³)	
2004-2006	090 Bajo Conchos	21.349	0	Monto Invertido: \$42.70 Millones de pesos. ⁽¹⁾
	005 Delicias	91.265	18.327	Monto Invertido: \$228.35 Millones de pesos. ⁽²⁾⁽³⁾

(1) El precio de un millar de metros cúbicos de agua superficial fue de \$2,000 (dos mil pesos)

(2) El precio de un millar de metros cúbicos de agua superficial fue de \$2,000 (dos mil pesos)

(3) El precio de un millar de metros cúbicos de agua subterránea fue de \$2,500 (dos mil quinientos pesos)

ⁱⁱ Tipo de Cambio Considerado \$10.80 pesos por dólar.

Tabla 33. Volúmenes de concesión de los distritos de riego 005 Delicias y 090 Bajo Río Conchos después del programa del PADUA (2004-2006) ²³.

	Fuente de Abastecimiento	Volumenes de Concesion	
		DR-005 Delicias Volumen (hm ³)	DR-090 Bajo Conchos Volumen (hm ³)
Antes del 2004	Agua Superficial	941.587	84.99011
	Agua Subterranea	188.959	0
	Total	1130.546	84.99011
Re-Adquisicion de Agua de 2004-2006	Agua Superficial	91.265	21.349
	Agua Subterranea	18.327	0
	Total	109.592	21.34921
Al 2007	Agua Superficial	850.322	63.641
	Agua Subterranea	170.632	0
	Total	1020.954	63.641

Distrito de Riego DR-090 Bajo Conchos (Ojinaga)

El volumen anual concesionado establecido para este DR es 84.99011 hm³/año. Este es la cantidad de agua especificada en la concesión y no incluye ninguna pérdida por conducción (Collado, 2002).

Distrito de Riego DR-005 Delicias

El volumen anual concesionado para el DR 005 Delicias es de 1130.546 hm³/año. Esta cantidad está dividida en dos fuentes de abastecimiento, una fuente de agua superficial (941.587 hm³/año) y otro de aguas subterráneas (188.959 hm³/año) (Collado, 2002).

Finalmente, en el informe del PADUA 2004³ se menciona que la cantidad de agua concesionada para los dos distritos de riego es de 1215.546 hm³/año. La cantidad de agua declarada en el modelo del WEAP para los dos distrito de riego es 1215.536 hm³/año; la diferencia entre estos dos volúmenes es mínima (0.01 hm³/año).

Fuentes de Información.

Los datos y reportes del programa del PADUA fueron obtenidos de la página de Internet: <http://www.sagarpa.gob.mx/subagri/pages/sust/agua/padua/index.htm>.

Para definir los volúmenes concesionados de los DR 005 Delicias y DR 090 Bajo Conchos fue consultada información del REPDA (<http://www.cna.gob.mx/REPDA/opciones.htm>). El reporte de Collado¹⁰ fue utilizado para definir las fuentes de abastecimiento para los distritos de riego 005 Delicias y 090 Bajo Conchos.

Resultados

Extracciones

La Tabla 34 muestra el volumen de concesión, la extracción y déficit promedio, así como la extracción mínima en las cuentas Baseline Run y Escenario I.A, para los distritos de riego seleccionados. La

Figura 20

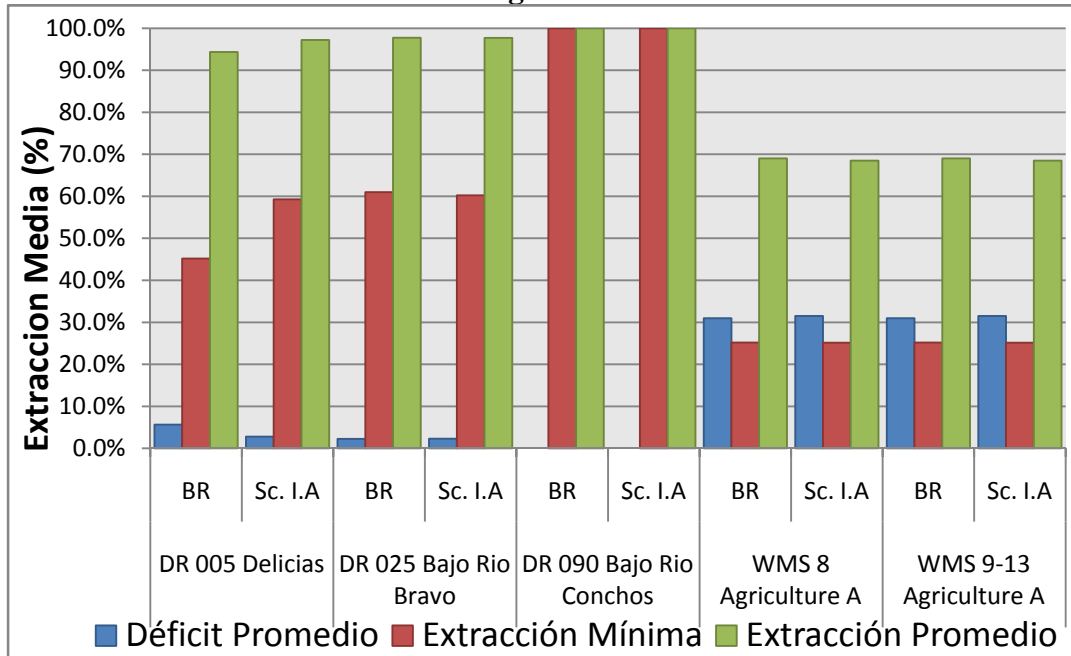


Figura 20 muestra estos resultados para los distritos que tuvieron una extracción promedio menor al 100%.

Tabla 34. Volumen de concesión, extracción y déficit promedio para los distritos de riego, Escenario I.A.

Distrito de Riego	Cuenta	Concesión (hm ³ /año)	Extracción Promedio (%)	Déficit Promedio (%)	Extracción Mínima (%)
DR 005 Delicias	BR	906.1	94.3%	5.7%	45%
	Sc. I.A	906.1	97.2%	2.8%	59%
DR 025 Bajo Rio Bravo	BR	861.0	98%	2%	61%
	Sc. I.A	861.0	98%	2%	60%
DR 090 Bajo Rio Conchos	BR	85.0	100%	0%	100%
	Sc. I.A	63.6	100%	0%	100%
WMS 8 Agriculture A	BR	374.3	69%	31%	25%
	Sc. I.A	374.3	68%	32%	25%
WMS 9-13 Agriculture A	BR	1427.2	69%	31%	25%
	Sc. I.A	1427.2	68%	32%	25%

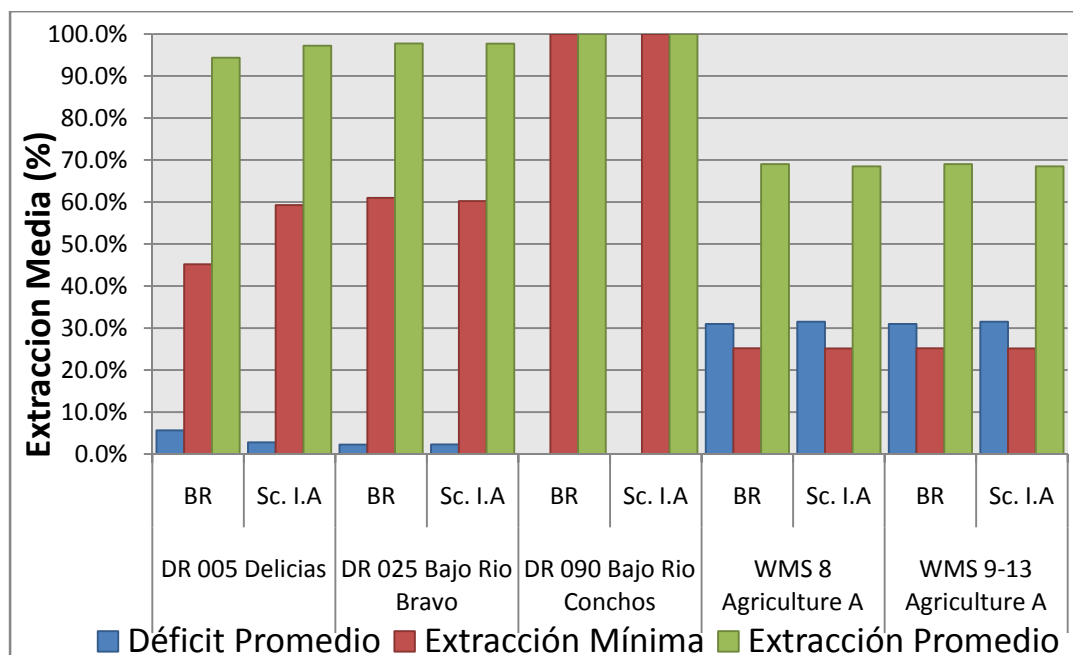


Figura 20. Extracción y déficit promedio para los distritos de riego, Escenario I.A.

La Tabla 35 muestra el volumen de concesión, la extracción y déficit promedio, así como la extracción mínima en las cuentas Baseline Run y Scenarior I.A, para los usos Público-Urbanos seleccionados. La **Figura 21** muestra la grafica de estas extracciones de uso Público-Urbano.

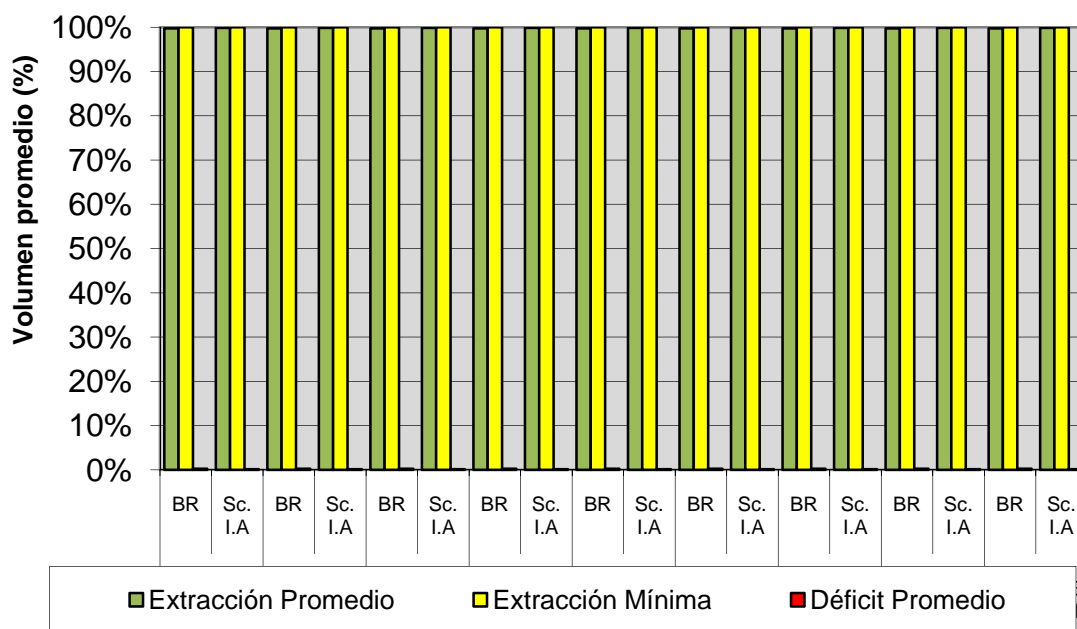


Figura 21. Extracción y déficit promedio para los usos Público-Urbano, Escenario I.A.

El distrito de riego DR-005 Delicias fue beneficiado por la compra permanente de volúmenes de concesión, ya que presento un incremento en su extracción media de 94.3 a 97.2%, con respecto a su volumen de concesión. Además, para este distrito de riego el volumen de extracción mínima se incremento de 45 a 59%. Lo anterior indica que se tiene un mejor abastecimiento para esta concesión, así como una mejor expectativa de extracción mínima, debido a la compra permanente de concesiones.

Los usos Público-Urbanos no presentaron ningún cambio, presentando todos un 100% de extracción.

Tabla 35. Volumen de concesión, extracción y déficit promedio para los usos Público-Urbano, Escenario I.A.

Uso Público Urbano	Cuenta	Concesión (hm ³ /año)	Extracción Promedio (%)	Déficit Promedio (%)	Extracción Mínima (%)
Matamoros	BR	48.0	100%	0%	100%
	Sc. I.A	48.0	100%	0%	100%
Nuevo Laredo	BR	36.1	100%	0%	100%
	Sc. I.A	36.1	100%	0%	100%
Piedras Negras	BR	36.0	100%	0%	100%
	Sc. I.A	36.0	100%	0%	100%
Reynosa	BR	67.0	100%	0%	100%
	Sc. I.A	67.0	100%	0%	100%
Brownsville	BR	85.5	100%	0%	100%
	Sc. I.A	85.5	100%	0%	100%
Eagle Pass	BR	9.5	100%	0%	100%
	Sc. I.A	9.5	100%	0%	100%
Laredo	BR	57.0	100%	0%	100%
	Sc. I.A	57.0	100%	0%	100%
McAllen	BR	0.8	100%	0%	100%
	Sc. I.A	0.8	100%	0%	100%
WMS 9-13 Municipal	BR	201.5	100%	0%	100%
	Sc. I.A	201.5	100%	0%	100%

Tratado

La Tabla 36 y Figura 22 muestra el volumen medio anual, mínimo y máximo con respecto al volumen medio anual (431.721 hm³/año) destinado al cumplimiento del tratado de 1944 en las cuentas Baseline Run y Scenari I.A para los Ríos Conchos, San Diego, San Rodrigo, Escondido, Salado y Arroyo Las Vacas.

De los resultados presentados en la Tabla 36 y Figura 22 se puede apreciar que para las obligaciones del tratado, el Río Conchos fue el único que presento un incremento en su volumen promedio anual destinado al tratado del 83 al 85%, con respecto al volumen promedio anual comprometido por concepto del tratado, el cual es de 431.721 hm³/año.

Tabla 36. Volumen promedio, mínimo, máximo destinado al cumplimiento del tratado de los ríos establecidos en el tratado de 1944, Escenario I.A.

Esgurrimiento	Escenario	Esgurrimiento				Desviación Estándar (hm³/año)
		Promedio		Mínimo (%)	Máximo (%)	
		(hm³/año)	(%)			
Arroyo Las Vacas	BR	6.4	1%	0%	7%	4.7
	Sc. I.A	6.4	1%	0%	7%	4.7
Río Conchos	BR	357.4	83%	14%	316%	205.1
	Sc. I.A	368.2	85%	14%	322%	209.4
Río Escondido	BR	31.0	7%	0%	19%	21.6
	Sc. I.A	31.0	7%	0%	19%	21.6
Río Salado	BR	108.3	25%	3%	134%	123.8
	Sc. I.A	108.3	25%	3%	134%	123.8
Río San Diego	BR	73.1	17%	7%	40%	36.3
	Sc. I.A	73.2	17%	7%	40%	36.2
Río San Rodrigo	BR	49.6	11%	1%	68%	49.7
	Sc. I.A	49.6	11%	1%	68%	49.7
Obligaciones del Tratado	BR	625.8	145%	62%	371%	298.2
	Sc. I.A	636.7	147%	63%	377%	301.5

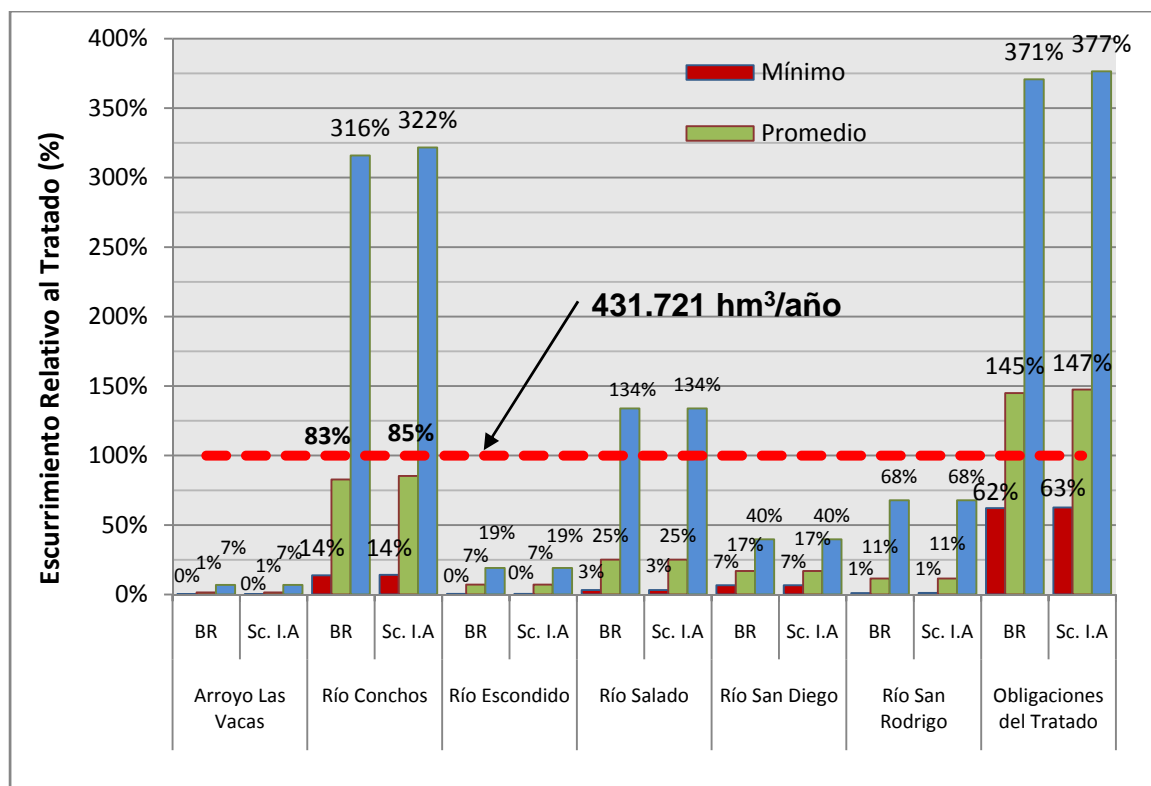


Figura 22. Volumen promedio, mínimo y máximo destinado al cumplimiento del tratado de los ríos establecidos en el tratado de 1944, Escenario I.A.

Acuífero Meoqui

La Tabla 37 y Figura 23 muestran un comparativo entre las cuentas Baseline Run y Escenario I.A del volumen mensual promedio del acuífero Meoqui-Delicias. Todos los porcentajes son calculados con respecto al volumen medio mensual de la cuenta Baseline Run. Al final del periodo de análisis, el almacenamiento del acuífero Meoqui para la cuenta Baseline Run y Escenario I.A fue de 59.5 hm³ y de 244.9 hm³ respectivamente. La Figura 24 muestra el almacenamiento en la cuenta de referencia Baseline Run y en el Escenario I.A para el periodo hidrológico de análisis 1940-2000.

Tabla 37. Almacenamiento medio mensual del acuífero Meoqui, Escenario I.A.

Mes	Media			
	Baseline Run		Escenario I.A	
	(hm ³)	(%)	(hm ³)	(%)
Oct	214.1	90%	309.7	130%
Nov	246.1	103%	341.8	143%
Dic	279.3	117%	375.0	157%
Ene	282.6	118%	378.6	159%
Feb	285.6	120%	381.9	160%
Mar	266.9	112%	363.5	152%
Abr	245.6	103%	342.7	144%
May	236.7	99%	334.1	140%

Jun	217.0	91%	314.8	132%
Jul	198.2	83%	296.3	124%
Ago	192.0	80%	290.4	122%
Sep	200.7	84%	299.3	125%
Media	238.7	100%	335.7	141%

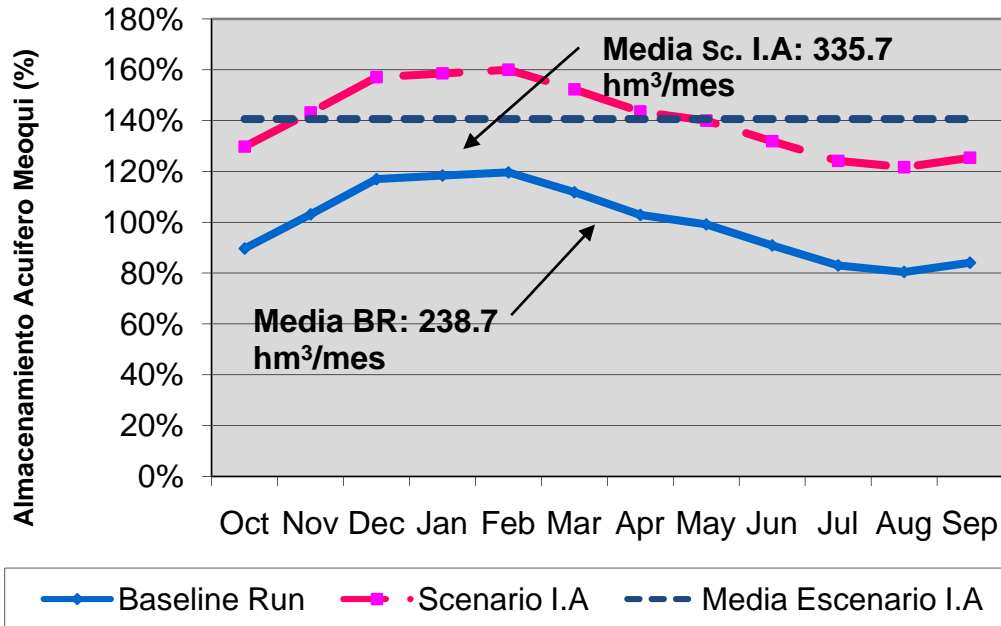


Figura 23. Almacenamiento mensual medio del acuífero Meoqui, Escenario I.A.

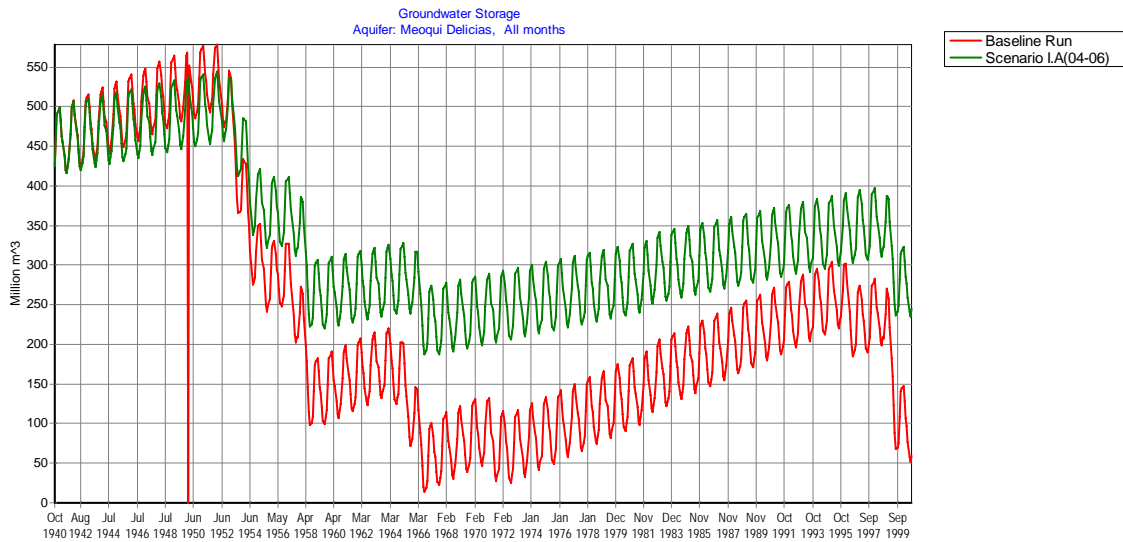


Figura 24. Comparativo del almacenamiento del Acuífero Meoqui, Escenario I.A.

Criterios de desempeño

La Tabla 38 y Figura 24 muestran la confiabilidad para los distritos de riego. La Tabla 39 y Figura 26 muestran la confiabilidad para los usos Público-Urbanos

Tabla 38. Confiabilidad para distritos de riego, Escenario I.A.

Distrito de Riego	Concesión (hm ³ /año)	Confiabilidad (%)	
		Baseline Run	Escenario I.A
DR-005 Delicias	906.07/818.2	76.5	86.7
DR-025 Bajo Rio Bravo	861.0	97.2	96.8
DR-090 Bajo Rio Conchos	85.0	100.0	100.0
WMS 8 Agriculture A	374.3	23.1	21.9
WMS 9-13 Agriculture A	1427.2	23.1	21.9

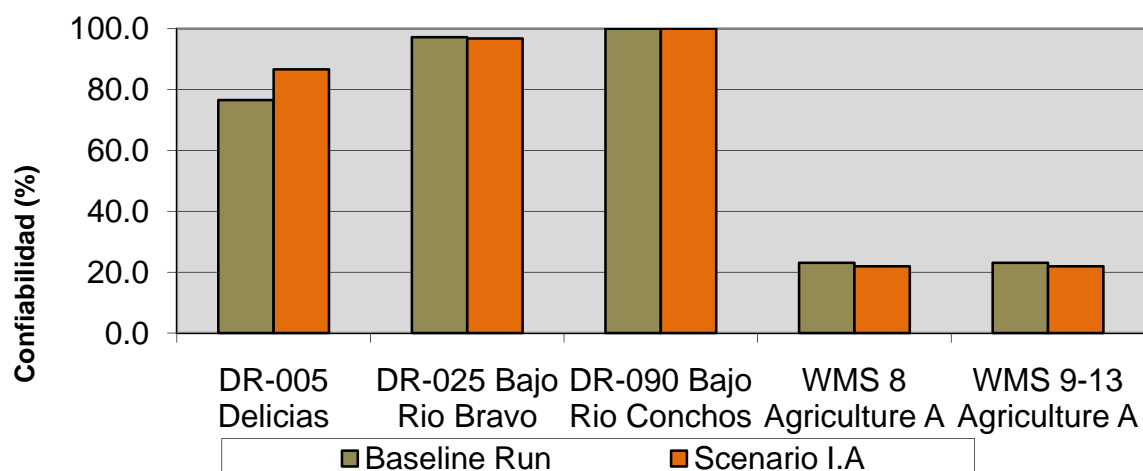


Figura 25. Confiabilidad para distritos de riego, Escenario I.A.

Tabla 39. Confiabilidad para usos público-urbanos, Escenario I.A.

Uso Público-Urbano	Concesión (hm ³ /año)	Confiabilidad (%)	
		Baseline Run	Escenario I.A
Matamoros	48.0	100.0	100.0
Nuevo Laredo	36.1	100.0	100.0
Piedras Negras	36.0	100.0	100.0
Reynosa	67.0	100.0	100.0
Brownsville	51.5	100.0	100.0
Eagle Pass	9.5	100.0	100.0
Laredo	52.7	100.0	100.0
McAllen	0.8	100.0	100.0
WMS 9-13 Municipal	201.5	100.0	100.0

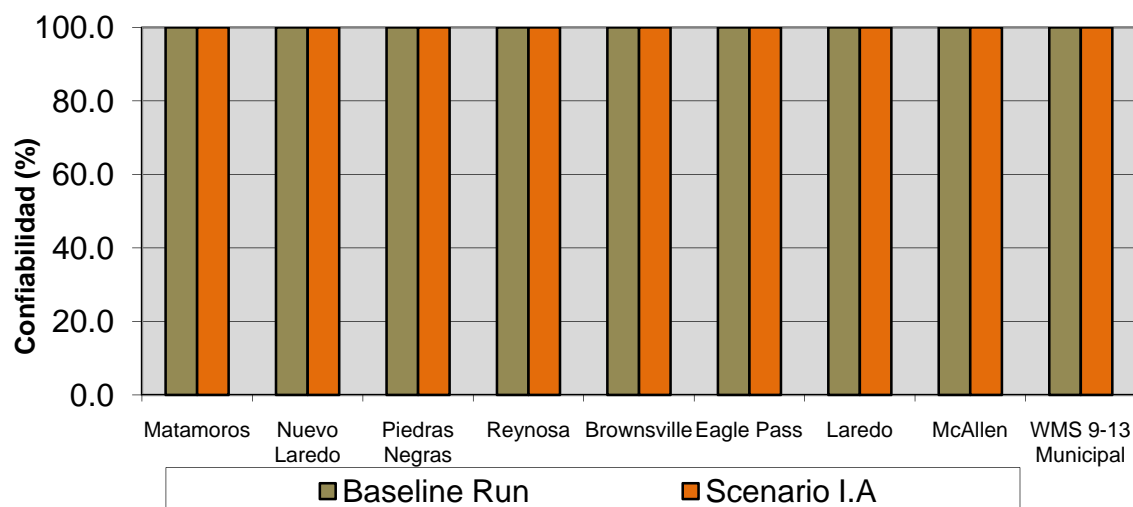


Figura 26. Confiabilidad para usos Público-Urbanos, Escenario I.A.

Para los distritos de riego que presentaron una confiabilidad menor al 100%, se calcularon los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo para cada una de estas extracciones. La **Tabla 40** y **Figura 27** muestran los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo experimentado para los distritos de riego.

Tabla 40. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y déficit máximo para los distritos de riego que presentaron déficit en su extracción, cuenta Escenario I.A.

	DR-005		DR-025		WMS 8 "A"		WMS 9-13 "A"	
	BR	I.A	BR	I.A	BR	I.A	BR	I.A
Total de periodos	720	720	720	720	720	720	720	720
Periodos con Déficit	169	96	20	23	554	563	554	563
Confiabilidad (%)	77%	87%	97.2%	96.8%	23%	22%	23%	22%
Periodos regresando de un déficit	6	4	5	6	15	12	15	12
Resiliencia (%)	4%	4%	25%	26%	3%	2%	3%	2%
Volumen de déficit (hm ³)	2912.5	1375.7	966.5	1038.9	6866.0	7015.8	26182.9	26754.3
Vulnerabilidad* (%Concesión/mes)	2%	2%	6%	5%	3%	3%	49%	49%
Déficit Máximo* (%Concesión)	7%	5%	14%	13%	10%	9%	10%	9%

Concesión (hm ³ /año)	906.1	906.1	861.0	861.0	374.3	374.3	1427.2	1427.2
----------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------

* Porcentajes obtenidos con respecto al volumen de concesión¹.

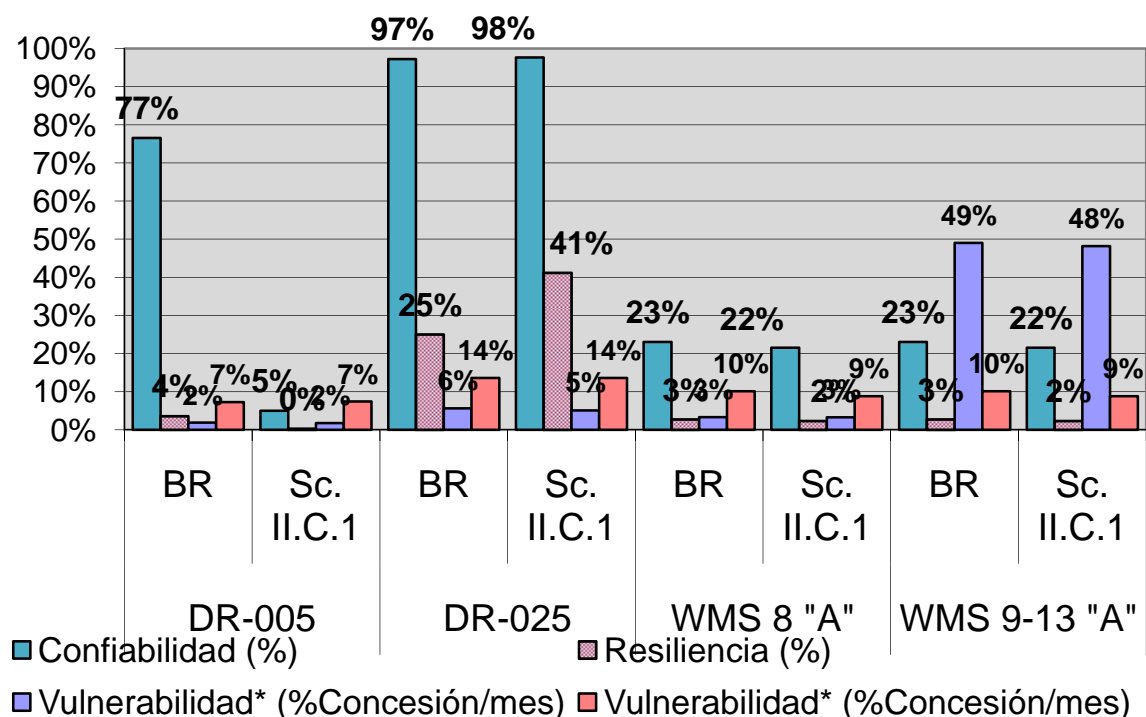


Figura 27. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y Déficit Máximo para los distritos de riego que presentaron déficit en su extracción, cuenta Escenario I.A.

De estos resultados se puede apreciar que para el DR-005 Delicias se incremento la confiabilidad y resiliencia con respecto a la cuenta Baseline Run. La vulnerabilidad y déficit máximo se disminuyo o permaneció igual que la cuenta Baseline Run.

Para usos Publico-Urbano no se calcularon los índices de confiabilidad, resiliencia y vulnerabilidad ya que todos presentaron un extracción del 100%.

Presas

La **Tabla 41** muestra el Almacenamiento medio mensual, mínimo y máximo para las presas seleccionadas. La **Figura 28** muestra estos resultados como porcentaje del NAME de cada una de las presas.

Tabla 41. Comparativo del Almacenamiento Medio Mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presas La Boquilla, F. Madero, Luís L. León, Amistad y Falcon, cuenta Escenario I.A.

Presa	Cuenta	NAMO (hm ³)	Media (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Amistad	BR	3887	87%	36%	116%
	Sc. I.A		88%	40%	116%

F. Madero	BR	348	58%	9%	100%
	Sc. I.A		65%	13%	100%
Falcon	BR	3273	82%	35%	107%
	Sc. I.A		82%	39%	107%
La Boquilla	BR	2903	59%	9%	100%
	Sc. I.A		62%	12%	100%
Luis L. León	BR	356	108%	52%	140%
	Sc. I.A		109%	56%	140%

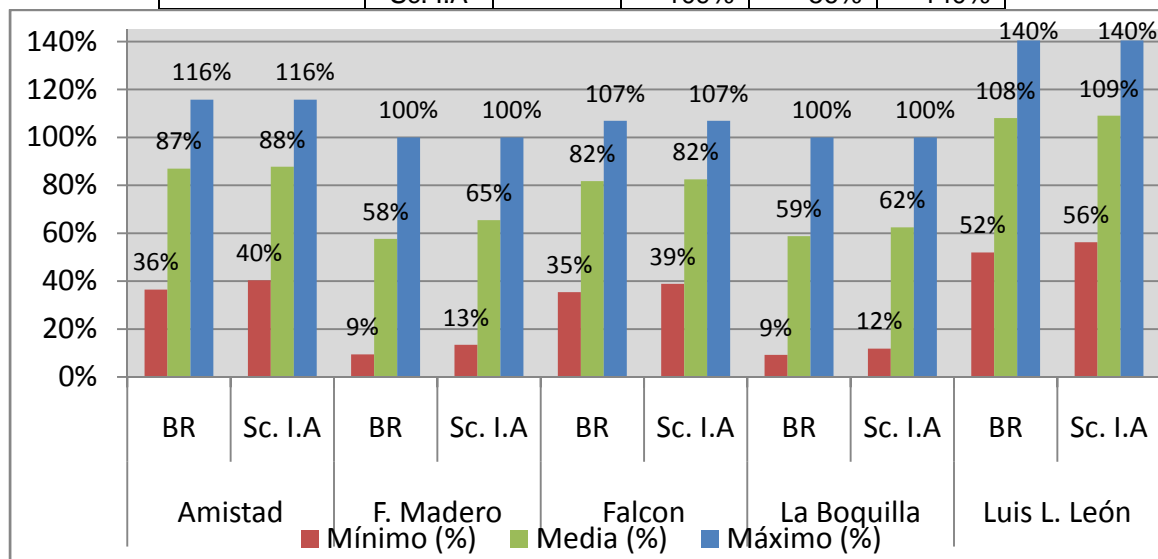


Figura 28. Comparativo del Almacenamiento Medio Mensual y Máximo para la presas La Boquilla, F. Madero, Luís L. León, Amistad y Falcon, Escenario I.A.

Las presas Amistad, Francisco I. Madero, La Boquilla y Luís L. León presentaron un incremento en el almacenamiento medio mensual de 87 a 88%, de 58 a 65%, de 59% a 62%, y de 108 a 109% respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa. Además, se presentó un cambio en el almacenamiento mínimo experimentado de las presas Amistad F. Madero, Falcon, La Boquilla y Luís L. León de 36 a 40%, de 9 a 13%, de 35 a 39%, de 9 a 12% y de 52 a 56% respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa. Este último resultado indica una mayor disponibilidad de agua superficial en periodos de sequía. La presa internacional Falcon no presentó ningún cambio en el almacenamiento medio mensual el cual es de 82% tanto para la cuenta Baseline Run, como para la cuenta Escenario I.A.

Como se muestra en la **Figura 29** y **Figura 30**, el almacenamiento de las presas La Boquilla y F. Madero se incremento de forma apreciable, sobre todo en épocas de sequía, donde el agua adquiere mayor valor.

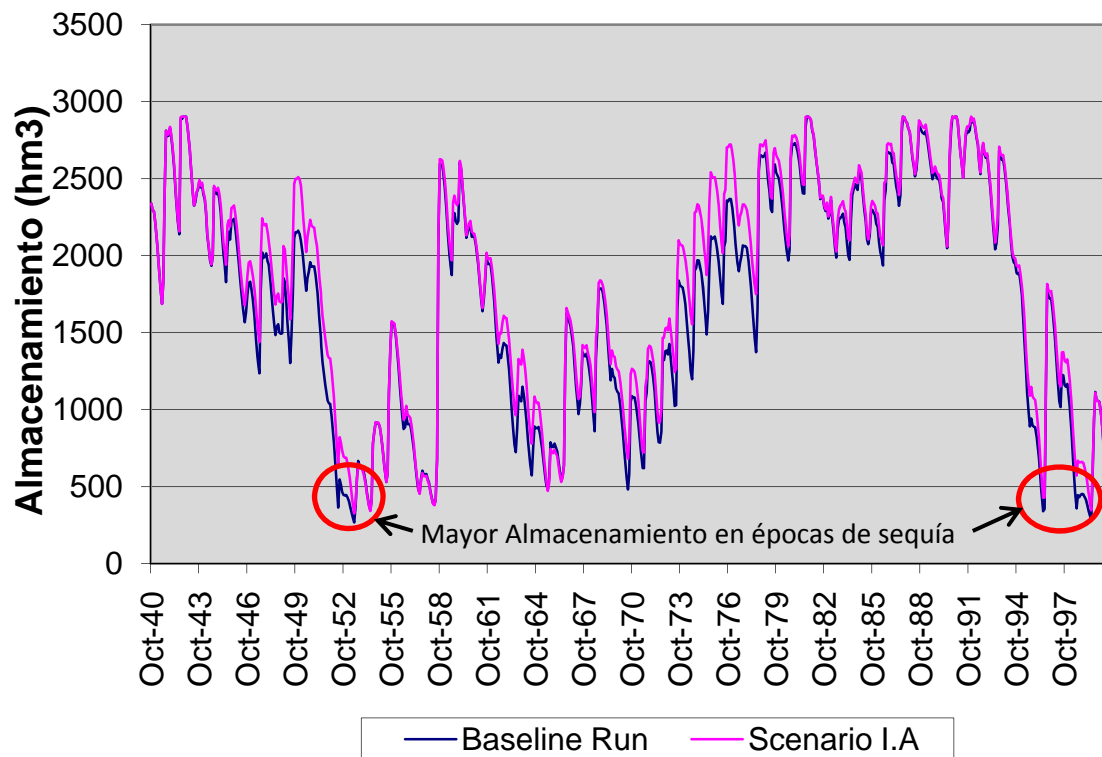


Figura 29. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa La Boquilla, Baseline Run Vs. Escenario I.A.

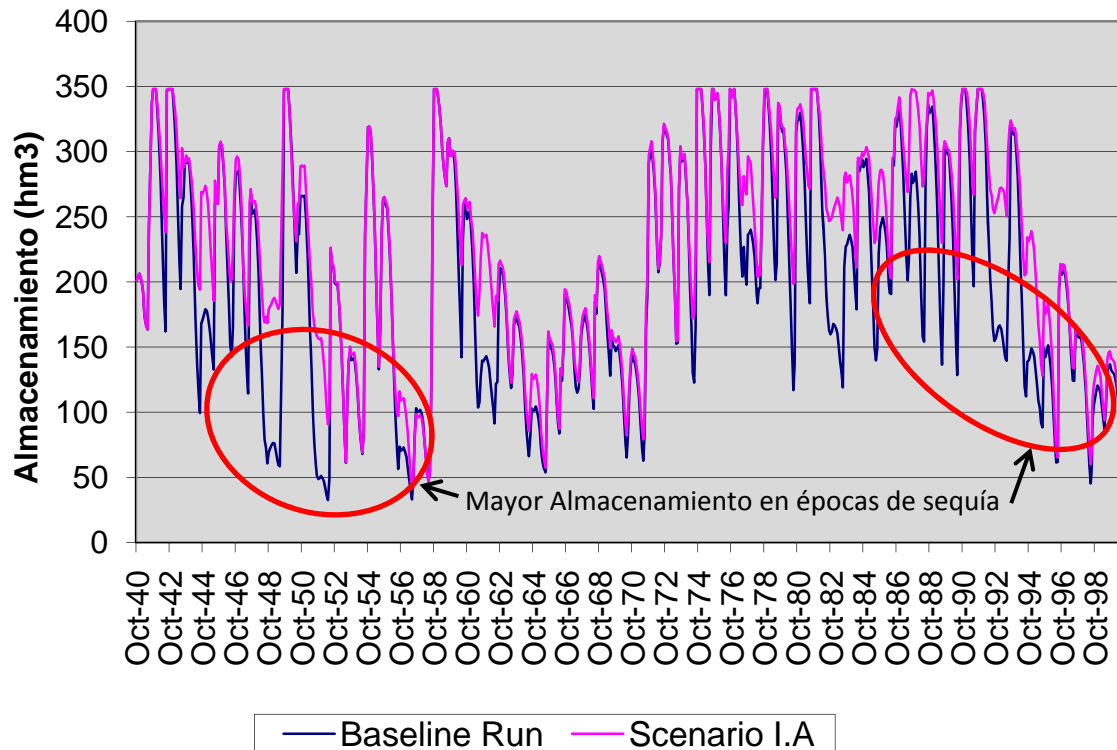


Figura 30. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa F. Madero, Baseline Run Vs. Escenario I.A.

En la **Figura 31** y **Figura 32**, el almacenamiento de las presas internacionales Amistad y Falcon se incremento, principalmente en épocas de sequía.

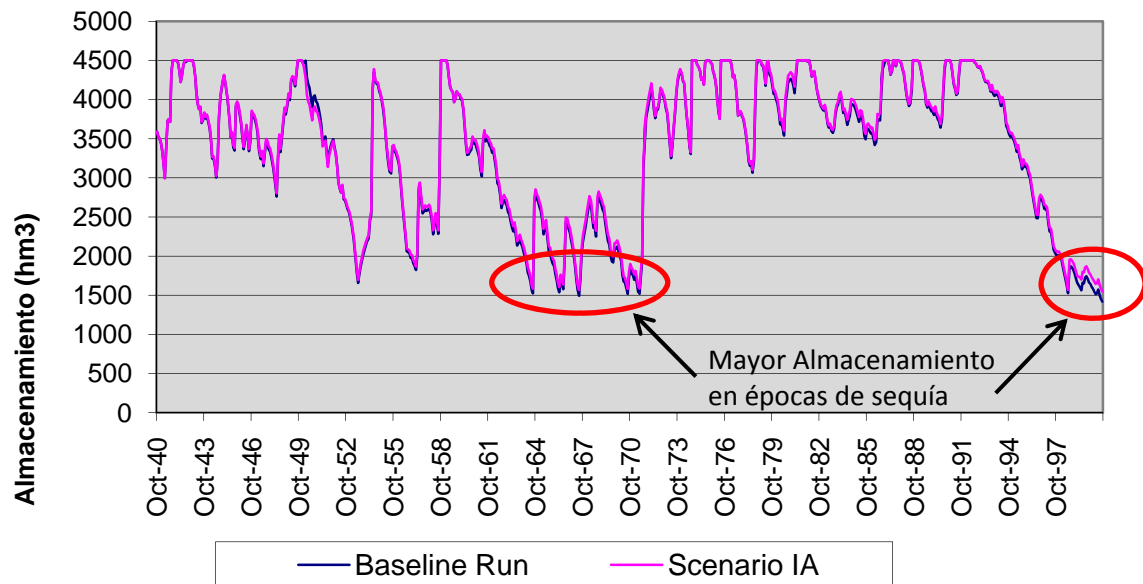


Figura 31. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Amistad, Baseline Run Vs. Escenario I.A.

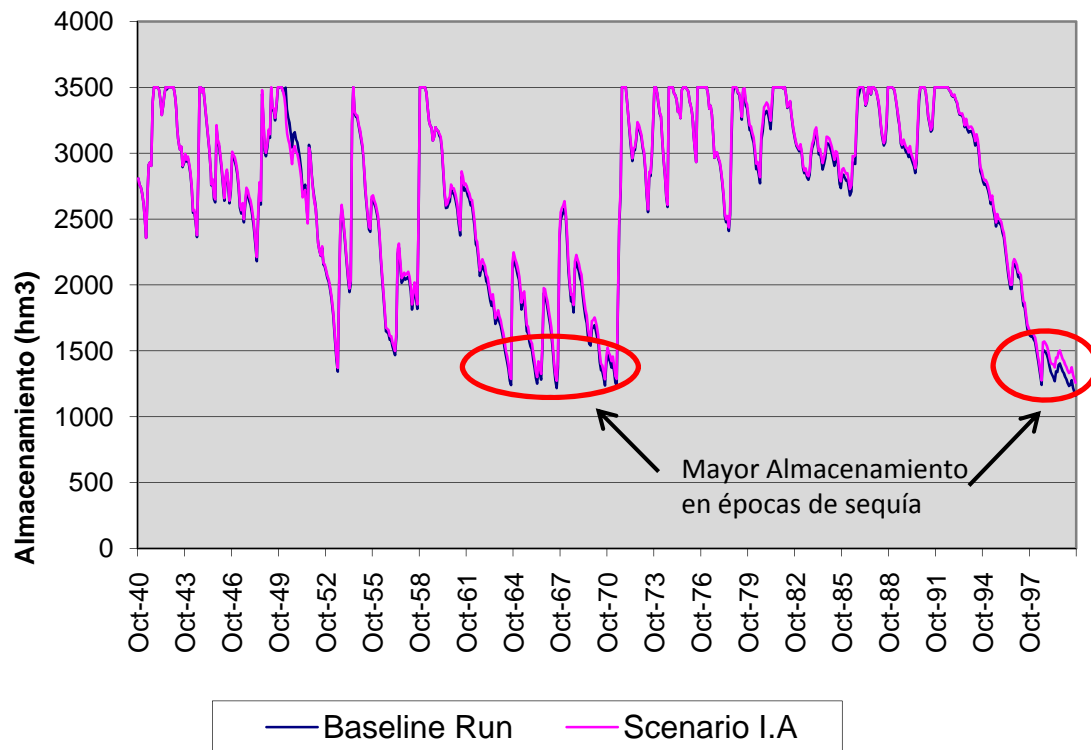


Figura 32. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Falcon, Baseline Run Vs. Escenario I.A.

Conclusiones

El escenario I.A evaluó la re-adquisición de forma permanente de derechos de agua utilizando el programa PADUA como parámetro para la simulación de esta política de re-adquisición. La re-adquisición de derechos de agua fue evaluada en los distritos de riego DR-005 Delicias y DR-090 Bajo Río Conchos.

En este escenario, el principal beneficiario de la re-adquisición de derechos de agua a través del programa PADUA es el DR-005 Delicias, ya que sufrió un incremento en su extracción media, extracción mínima y confiabilidad. Otro beneficio es el decremento en déficit. Por el contrario, el distrito de riego DR-025 Bajo Río Bravo y las concesiones WMS 8 “A” y WMS 9-13”A” sufrieron una pequeña disminución de su extracción media y confiabilidad. El DR-090 Bajo Río Conchos no presentó cambios en su extracción porque tiene una concesión pequeña y puede ser fácilmente abastecida por el volumen de retorno del DR-005 Delicias.

Basado en los resultados de los almacenamientos en presas, La Boquilla es la presa principal, que almacena el agua superficial ahorrada a través del programa PADUA. Bajo condiciones normales o húmedas, La Boquilla almacena la mayor cantidad de agua posible hasta que la presa alcanza el NAMO y se presentan los derrames. Bajo condiciones de sequía el agua ahorrada a través del programa PADUA es almacenada en las presas La Boquilla y F. Madero. Bajo estas circunstancias, el agua ahorrada tiene una importancia significativa para satisfacer los volúmenes de concesión. La presa Luís L. León y las presas Internacionales Amistad y Falcon no presentan respuesta significativa al agua ahorrada a través del programa PADUA en periodos normales; sin embargo, en épocas de sequía se aprecia un incremento en su almacenamiento. Se incrementaron las pérdidas por evaporación de las presas La Boquilla y F. Madero debido a que se tiene un mayor almacenamiento en estas presas. Además, se presenta una disminución en el escurrimiento de entrada a la presa Luís L. León, debido a la disminución de la concesión y por ende del flujo de retorno del DR-005 Delicias. La capacidad de almacenamiento de la presa La Boquilla es el límite que restringe el almacenamiento del agua superficial ahorrada a través del programa PADUA. Bajo cualquier condición, el agua subterránea ahorrada es la misma en el acuífero Meoqui.

Para fines del tratado, la re-adquisición de derechos de agua incrementa el escurrimiento medio, mínimo y máximo proveniente del Río Conchos.

El re-adquisición de derechos de agua a través del programa PADUA representa beneficios, tanto para los usuarios del agua como para el medio ambiente. Para los usuarios del agua, la compra de concesiones representa una mayor disponibilidad de agua en las presas que repercutirá en un incremento en la expectativa de abastecimiento. Para el medio ambiente, las corrientes tendrán agua por un mayor periodo de tiempo debido a que los volúmenes de concesión serán abastecidos por un periodo mayor; además, hay más agua disponible para ser asignada a flujos ambientales. Una desventaja es que debido

al incremento del volumen de almacenamiento en las presas, las pérdidas por evaporación en estas se incrementan.

El modelo WEAP del Río Grande/Bravo es apropiado para la evaluación del impacto hidrofísico del programas de re-adquisición de derechos de agua, en este caso en particular la evaluación del PADUA, así como de sus beneficios. Con este modelo es posible no solo evaluar el impacto actual del programa PADUA, pero además hacer una comparación entre los diferentes registros históricos y pronosticados para el programa PADUA

Escenario IB Banqueo de agua subterránea en la cuenca del Río Conchos

La recarga en el sitio se lleva a cabo suspendiendo el bombeo de agua subterránea, proveyendo el suministro con agua superficial. La recuperación se lleva a cabo suspendiendo el suministro de agua superficial, sustituyéndolos con agua subterráneaⁱⁱⁱ.

Resumen de Resultados

El Escenario I.B del proyecto de escenarios de Manejo del agua para la cuenca del Río Grande/ Bravo, fue elaborado considerando el banqueo de agua y extracción mediante el método *In Lieu* en el distrito de riego DR-005 Delicias. (DR-005). El DR-005 tiene una concesión de 1130.546 hm³ la cual es cubierta por dos fuentes de abastecimiento, una de agua subterránea (188.959 hm³/año) y otra de agua superficial (941.587 hm³/año)^{7 11}. El agua superficial es abastecida por las presas La Boquilla y F. Madero en cantidades de 744.369 hm³ y 197.218 hm³, a través de los Ríos Conchos y San Pedro respectivamente. El agua subterránea es abastecida del acuífero Meoqui. El volumen de concesión del DR-005 Delicias de 1130.546 hm³/año representa un volumen de aplicación de 906.08 hm³/año, de los cuales 717.11 provienen de agua superficial y 188.959 provienen de agua subterránea, una vez que se han considerado los porcentajes de pérdidas por evaporación e infiltración propuestos en el Escenario II.A.1.

El distrito de riego DR-005 Delicias sufrió un incremento en su extracción promedio de 94.3 a 98.1%. Además, presento un incremento en su confiabilidad de 76.5 a 96.3% Los distritos de riego DR-025 Bajo Río Bravo, WMS 8 Agriculture “A” y WMS 9-13 Agriculture “A” presentan un incremento en su extracción promedio de 97.8 a 98.2%, de 69 a 70.8% y de 69 a 70.8%, en su confiabilidad de 97.4 a 97.6%, de 23 a 25% y de 23 a 25%, y en su extracción mínima de 61 a 64%, de 25 a 26% y de 25 a 26%, respectivamente. Los usos Público-Urbanos presentaron una confiabilidad y extracción promedio del 100%. Para las obligaciones del tratado de 1944, el Río Conchos presento una disminución en su volumen promedio anual destinado al tratado de 357.4 a 341.1 hm³/año (del 83 al 79% con respecto al volumen promedio anual comprometido por concepto del tratado que es de 431.721 hm³/año). En contraste con este valor, el escurrimiento mínimo fue mayor, del 14 a 16%, debido a que se tiene una mayor disponibilidad de agua provocada por el banco de agua. A su vez, también se presento un decremento en el volumen de escurrimiento máximo, lo que indica que una menor cantidad de agua será derramada cuando se presenten periodos húmedos. Además, en el tercer y doceavo ciclo del tratado evaluado se disminuyeron los déficit de las obligaciones del tratado de -677.7 a -618.6 hm³ y -488.9 a -440.9 hm³ respectivamente. Las presas La Boquilla, Francisco I. Madero y Luís L. León presentaron una reducción en su almacenamiento medio mensual de 59 a 48%, de 58 a 52% y de 108 a 106% respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa. Las presas internacionales Amistad y Falcon también presentaron una disminución en su almacenamiento promedio,

ⁱⁱⁱ La Asociación de Usuarios del Río Conchos asegura que el uso consuntivo de agua superficial y subterránea sucede de esta forma en más del 70% del agua abastecida para los módulos 6, 7 y 9.

pasando de 87 a 85% y de 82 a 80%, respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa. El acuífero Meoqui presentó un incremento en el almacenamiento del 625% con respecto a la cuenta Baseline Run. Al final del periodo de análisis, el almacenamiento del acuífero Meoqui para la cuenta Scenariio I.B (2815.4 hm³) fue mayor que en el escenario de referencia Baseline Run (59.5 hm³), lo que representa un balance positivo del agua disponible del Escenario I.B con respecto al Baseline Run.

La cantidad de agua depositada en el banco de agua a lo largo del periodo de análisis fue de 6802 hm³, cantidad que representa un banqueo de agua durante 36 años y un deposito promedio de 189 hm³/año; la cantidad de agua extraída de la cuenta del banco por el DR-005 Delicias fue de 6314 hm³, a lo largo de 22 años, con una extracción promedio de 287 hm³/año; por lo que se presentó un **saldo positivo de agua en el banco de 488.4 hm³**. Del análisis de este acuífero es posible observar con claridad épocas de sequía y de abundancia, así como que existen momentos en los cuales la extracción del acuífero Meoqui es tal, que podría extraer todo el almacenamiento del acuífero, como se presentó de Agosto a Octubre de 1954, Agosto a Octubre de 1957, de Febrero a Septiembre de 1958, y de Julio a Septiembre de 1966.en la cuenta Scenariio I.B.

Antecedentes

Banqueo de Agua Subterránea

El banqueo de agua subterránea es una práctica relativamente nueva del manejo de agua. A pesar de que investigaciones acerca de este tema han sido realizadas desde finales de los 60's, no fue hasta 1980 que la operación de un banco de agua subterránea grande fue realizado en lo Estados Unidos (Feinerman y Knapp 1983¹²). Esta práctica relativamente nueva ha resultado en una terminología en proceso.

Un glosario común ha sido desarrollado para el campo de manejo de recargo de acuíferos o MAR (Dillon, 2004)¹³. El manejo de recarga de acuíferos (MAR), otro termino para definir banqueo de agua subterránea, describe el banqueo internacional y tratamiento de agua en acuíferos. MAR, o banqueo de agua subterránea ha sido la idea principal que incluye las siguientes técnicas de manejo de agua (Dillon, 2004:

Almacenamiento y Recuperación en el Acuífero (ASR) - Inyección de agua en un pozo para almacenarla y recuperarla de este mismo pozo.

Almacenamiento, Transferencia y Recuperación en el acuífero (ASTR)- Inyección de agua en un pozo para almacenarla y recuperación en un pozo distinto, generalmente para prever un tratamiento adicional del agua.

Tratamiento mediante Acuíferos (SAT) - Agua tratada de los drenajes es infiltrada intermitentemente en zonas de infiltración para facilitar que los

nutrientes y agentes patógenos sean removidos a su paso de la zona no saturada y sean recuperados por pozos de extracción.

Tres conceptos importantes acerca del banqueo de agua surgen cuando las diferentes técnicas de manejo son consideradas.

1. El banqueo de agua toma lugar en un gran rango de escalas físicas. El banqueo de agua puede ser tan grande como el acuífero o tan pequeño como zonas de infiltración domesticas o individuales.
2. La recarga en los acuíferos puede ser forma natural, puede requerir bombeo de agua tratada o no tratada hacia el acuífero o una combinación de ambos.
3. El tratamiento del agua puede o no ser una propiedad en el sistema.

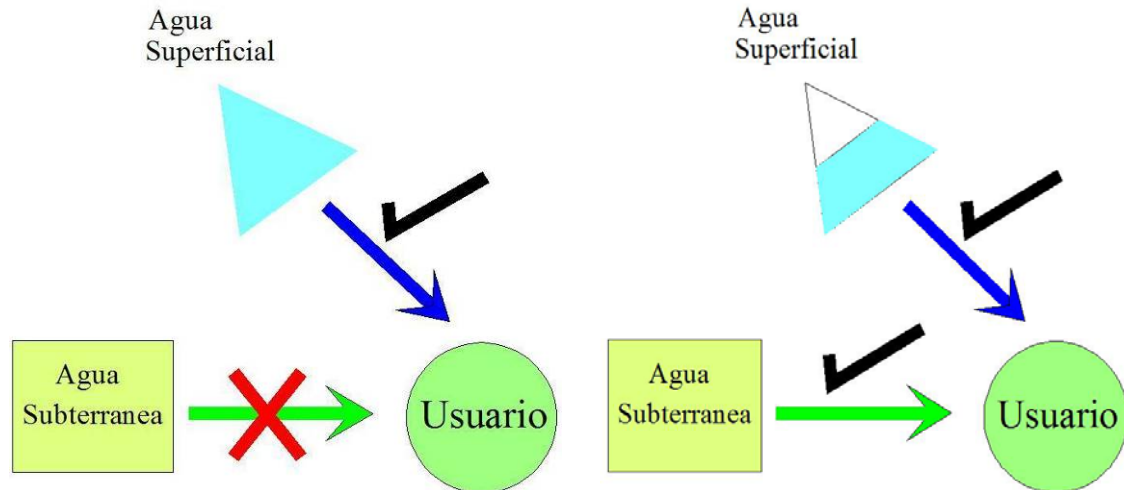
En el contexto del proyecto de Escenarios de Manejo del agua para la Cuenca del Río Grande/Bravo, el banqueo del agua en la cuenca del Río Conchos es considerado de gran escala, de recarga natural y sin manejo del tratamiento del agua en el acuífero Meoqui.

Método In Lieu para banqueo de agua subterránea.

El banqueo del agua a través de la técnica *In Lieu*, considera el funcionamiento de las presas La Boquilla y F. Madero y del acuífero Meoqui en la cuenca del Río Conchos, la operación del banco de agua depende de la cantidad de almacenamiento disponible en las presas al principio del año hidrológico (Octubre). Si el agua disponible al principio de cierto año es suficiente para abastecer la concesión de agua para ese año, (tanto agua superficial como subterránea), entonces todo el agua será abastecida de por las presas durante ese año y la recarga natural del acuífero tendrá lugar (**Figura 33.a**). Si la cantidad de agua disponible al principio de cierto año es insuficiente para abastecer la concesión de agua, entonces el agua será abastecida de extracciones de agua subterránea del acuífero así como del agua superficial almacenada en las presas (**Figura 33.b**)

Fuentes de Información

Los datos de las concesiones del Río Conchos fueron obtenidos del Registro Público de Derechos de Agua, REPDA de datos (<http://www.cna.gob.mx/REPDA/opciones.htm>). La información referente a las presas, curvas de elevación-capacidad, evaporación y políticas de operación fueron obtenidas de la Comisión Nacional del Agua (CNA). Los flujos naturalizados o restituidos del Río Conchos fueron obtenidos de la Geodatabase del Río Grande/Bravo¹⁴ (<http://www.crrw.utexas.edu/riogrande.shtml>), los cuales a fueron a su vez provistos por la Comisión de Calidad Ambiental del Estado de Texas. (TCEQ).



- a) Almacenamiento disponible en presas normal o alto. En este caso las presas abastecen la concesión de agua en su totalidad.
- b) Almacenamiento en presas escaso o bajo. Las presas y el acuífero son utilizados en conjunto para abastecer la concesión de agua.

Figura 33. Esquema de Banqueo de Agua Subterránea In Lieu.

Proceso de Simulación

Como se muestra en la **Figura 34**, la concesión para el DR-005, es de 1130.546 hm³/año y es abastecida por dos fuentes, una de agua subterránea (GW=188.959 hm³/año) y una de agua superficial (SW=941.587 hm³/año). Las presas la Boquilla y F. Madero abastecen 744.369 y 197.218 hm³/año de agua superficial a través del Río Conchos y Río San Pedro respectivamente. El agua subterránea es abastecida del acuífero Meoqui.

$$Demand = SW + GW \quad [1]$$

Debido a las pérdidas por conducción de agua superficial, se requiere obtener la eficiencia en la conducción para determinar la cantidad de agua que representa la concesión en las presas. La eficiencia en la conducción (C_E), es calculada en términos de las pérdidas por conducción.

$$C_E = (1 - Losses) \quad [2]$$

Para la concesión de agua superficial (SW), la cantidad de extracción de agua del almacenamiento es la concesión de agua superficial dividida entre la eficiencia en la conducción. Ninguna pérdida por conducción fue asumida para el agua subterránea.

$$SW^{+Losses} = \frac{SW}{C_E} \quad [3]$$

Sí la concesión fuera abastecida completamente de las presas, la cantidad de agua extraída, (*Diversión*), es expresada como:

$$Diversion = \frac{Demand}{C_E} \quad [4]$$

El agua superficial disponible en el sistema (Av_S) es la suma del agua disponible en las presas F. Madero (Av_S_{FM}) y La Boquilla (Av_S_{LB}).

$$Av_S = Av_S_{LB} + Av_S_{FM} \quad [5]$$

El almacenamiento disponible (Av_S_i) por presa en cada periodo hidrológico es el almacenamiento inicial (S_0), menos la suma del NAMINO (S_i^{min}) mas el volumen para el uso Público-Urbano.

$$Av_S_i = S_0 - S_i^{min} \quad [6]$$

La Boquilla tiene un NAMINO de 130 hm^3 y un volumen concesionada a la Ciudad de Camargo de $35 \text{ hm}^3/\text{año}$ ($30 \text{ hm}^3/\text{año}$ para la concesión y $5 \text{ hm}^3/\text{año}$ para las pérdidas por evaporación y conducción). La presa F. Madero tiene un NAMINO de 8.5 hm^3 y no tiene agua concesionada a ningún uso Público-Urbano. La descripción grafica de estos conceptos se muestra en la **Figura 34**.

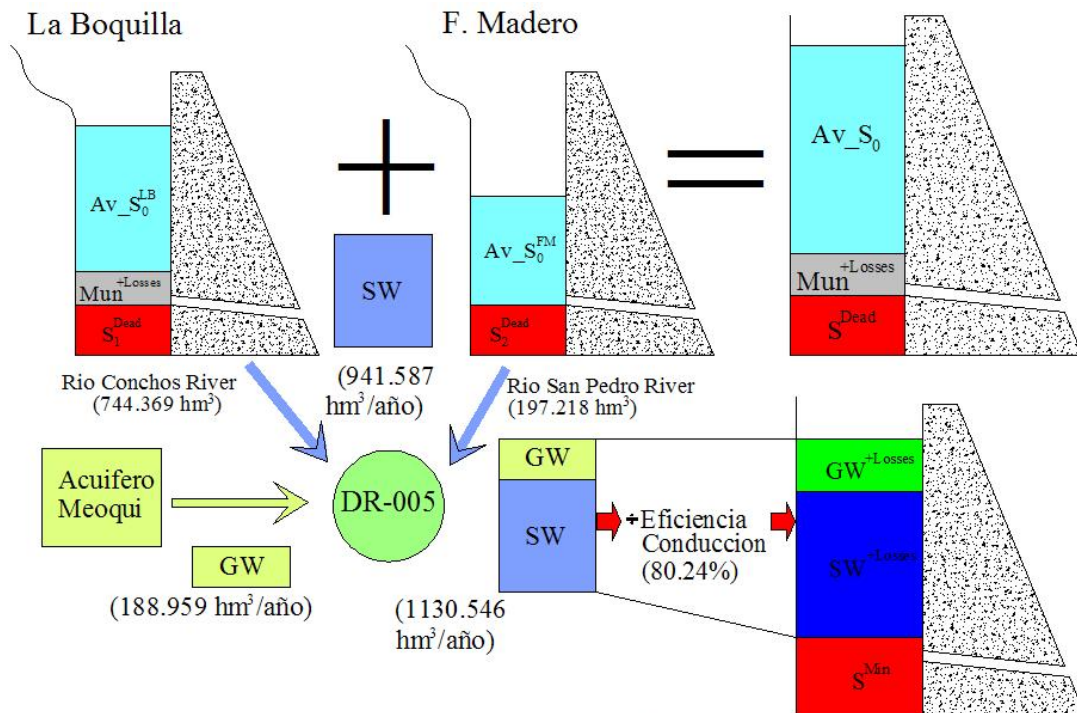


Figura 34. Esquema de concesión y extracción de agua bajo el método de banco de agua subterránea *In Lieu* para el DR-005 Delicias.

Los conceptos previos son importantes para entender la lógica utilizada para modelar el banco de agua subterránea a través del método *In Lieu*. Los mecanismos de Operación del banco de agua a través del método *In Lieu*, son descritos en tres casos:

1. Almacenamiento disponible en presas es mayor que el volumen de extracción ($Av_S \geq Diversion$).

Debido al método *In Lieu*, cuando el agua disponible en las presas es mayor que el volumen de extracción necesario para abastecer el DR-005, se corta el suministro de agua subterránea y toda el agua es provista por las presas. El almacenamiento en el banco de agua subterránea se incrementa en un volumen de concesión de agua subterránea (GW), como se muestra en la **Figura 35**. Esta condición de agua disponible en las presas será denominada *condición normal de almacenamiento*.

$$Bank_t = Bank_{t-1} + GW_t \quad [7]$$

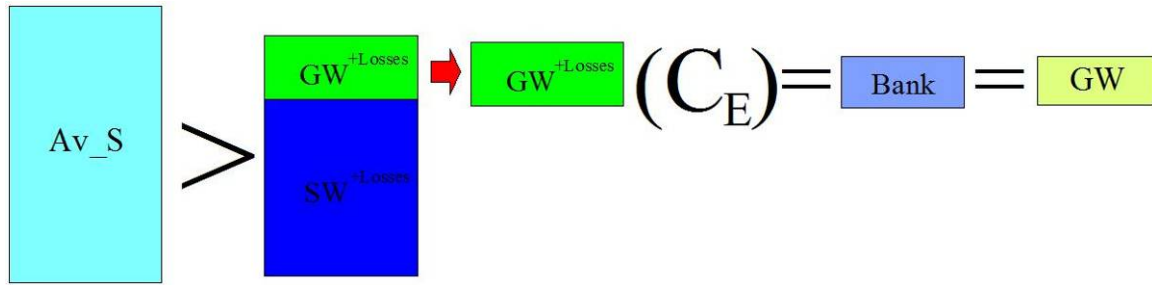


Figura 35. Banco *In Lieu* cuando el almacenamiento disponible es mayor el volumen de extracción.

2. Almacenamiento disponible en presas es mayor que la concesión de agua superficial mas pérdidas por conducción, pero menor que la extracción ($SW^{+Losses} \leq Av_S \leq Diversion$).

En este caso, la concesión de agua del DR-005 Delicias será abastecida de forma normal; es decir, la concesión de agua superficial mas perdidas por conducción ($SW^{+Losses}$) es extraído de las presas y la concesión de agua subterránea (GW) es extraída del Acuífero Meoqui, como se muestra en la **Figura 36**. Esta condición de agua disponible en las presas será denominada *condición en estrés de almacenamiento*.

$$Bank_t = Bank_{t-1} + (Av_S_t - SW_t^{+Losses}) C_E \quad [8]$$

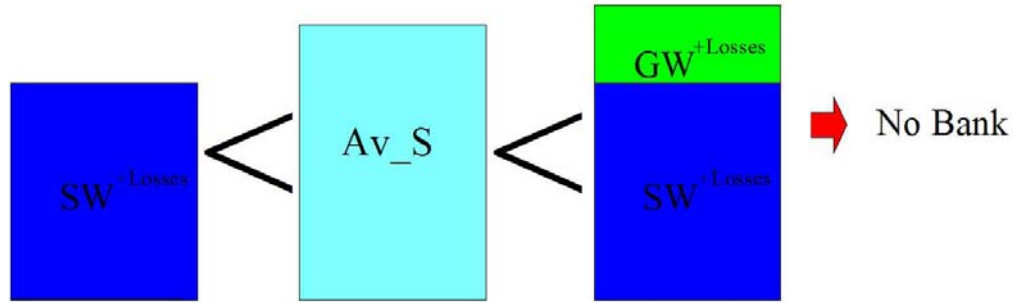


Figura 36. Banqueo *In Lieu* cuando el almacenamiento disponible es mayor que la concesión de agua superficial más pérdidas por conducción, pero menor que la extracción.

3. Almacenamiento disponible es menor que la concesión de agua superficial mas las pérdidas por conducción ($Av_S < SW^{+Losses}$).

En este caso, el volumen de agua disponible en las presas será asignado para satisfacer lo más que se pueda la concesión superficial de agua (**Figura 37**). Bajo estas condiciones se presentaría un déficit en la concesión que será cubierto por el agua banqueada en el acuífero Meoqui. El volumen de extracción del acuífero será la cantidad de agua establecida en la concesión (GW) mas el déficit de agua (la diferencia entre el almacenamiento disponible menos la concesión de agua superficial sin pérdidas por conducción). No habrá banqueo de agua sino por el contrario; esto significa que habrá extracción de la cuenta del acuífero y del banco de agua. Esta condición de agua disponible en las presas será denominada *condición insuficiente de almacenamiento*.

$$Bank_t = Bank_{t-1} - (Av_S_t - SW^{+Losses})C_E \quad [9]$$

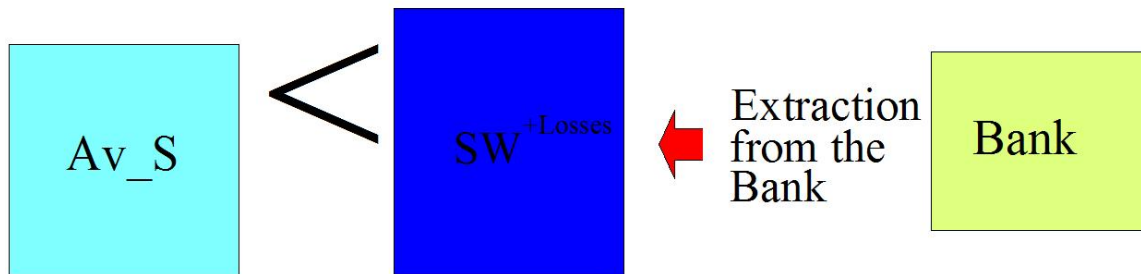


Figura 37. Banqueo *In Lieu* cuando el almacenamiento disponible es menor que la concesión de agua superficial más pérdidas por conducción.

A través de este sistema de administración se puede contabilizar la cantidad de agua almacenada y entregada proveniente del banco de agua y del acuífero Meoqui. La cuenta del banco de agua y la del acuífero están contenidas en el mismo almacenamiento pero son contabilizadas como cuentas separadas. La **Figura 38** muestra el diagrama de flujo correspondiente al Escenario I.B.

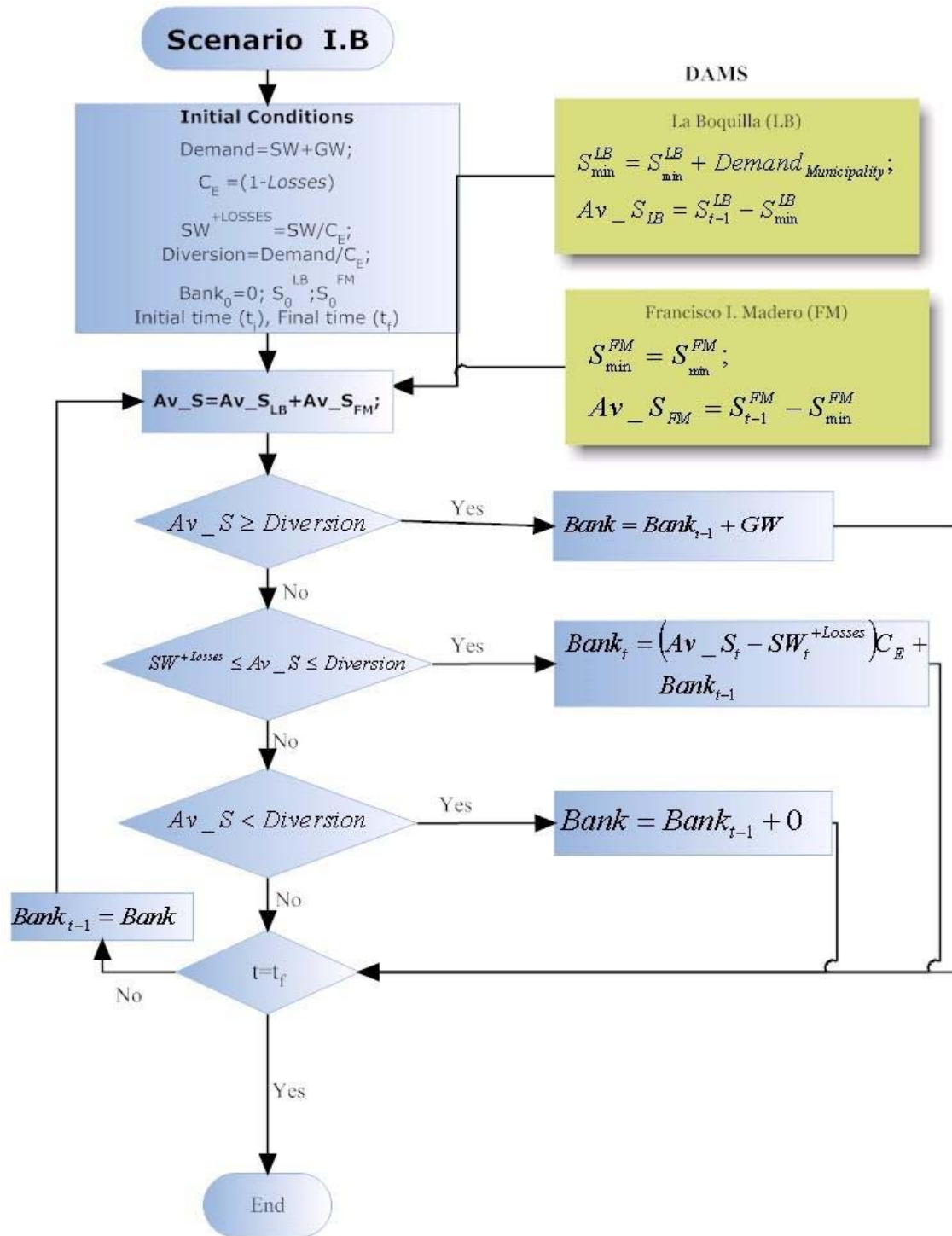


Figura 38. Diagrama de flujo del Escenario I.B.

A propuesta de la Subcoordinación de Gestión Integrada del Agua del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), para el Caso 3, cuando no hay suficiente agua disponible en las presas para abastecer la concesión del DR-005, el déficit en la concesión será entregado al DR-005 independientemente de su concesión de agua

subterránea. Esta propuesta busca evaluar el impacto del banqueo de agua en el DR-005 Delicias específicamente. No obstante, en el escenario I.B.1 se evalúa el beneficio del banqueo de agua para los usuarios hidrológicamente factibles (aquellos que se encuentran a lo largo del cauce del Río Conchos y Río Bravo/Grande) que puedan recibir el beneficio del agua banqueada en toda la cuenca, así como para ayudar a cubrir las obligaciones del producto del tratado de 1944.

La Ley de Aguas Nacionales (LAN), establece que los usuarios de agua pueden temporalmente transmitir su derecho de agua a la CNA bajo ciertas circunstancias, tales como; sequía extrema, sobreexplotación de acuíferos o estados similares de emergencia^{iv}. En el Escenario I.B se plantea la transmisión temporal de los derechos de agua subterránea del DR-005.

Resultados

Concesiones

La Tabla 42 y la Figura 39 muestran el volumen de concesión, la extracción y déficit promedio, así como la extracción mínima en las cuentas Baseline Run y Escenario I.B, para los distritos de riego seleccionados.

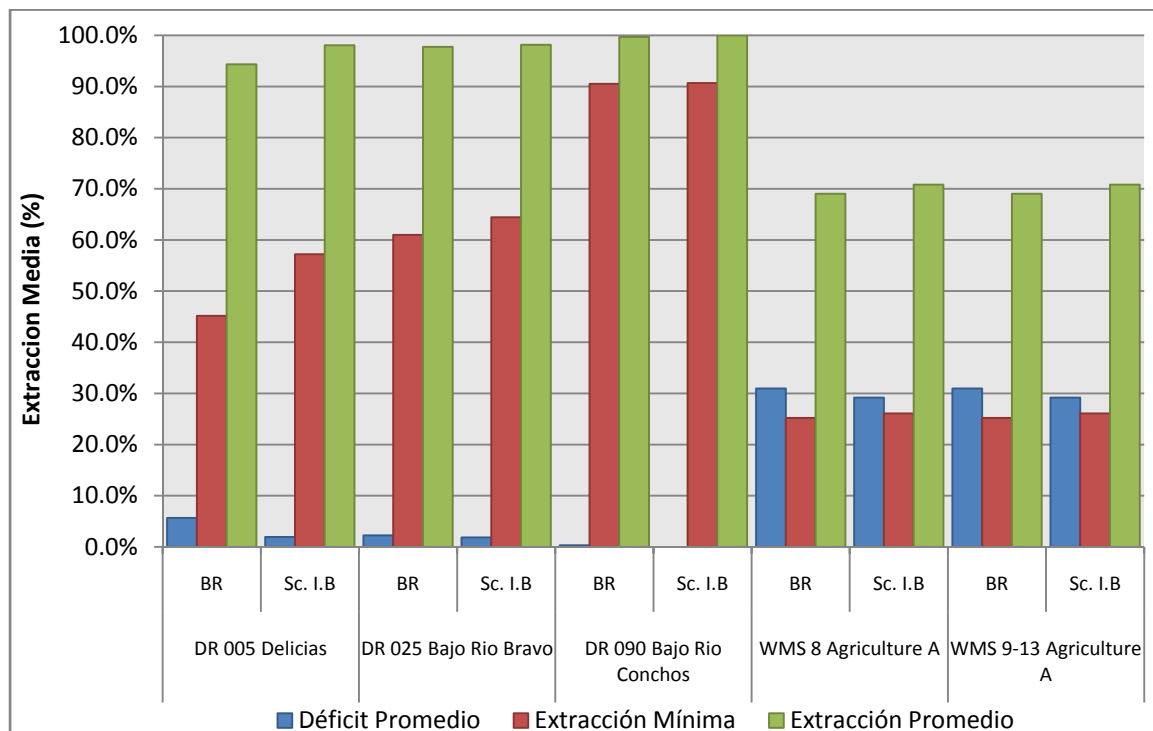


Figura 39. Extracción y déficit promedio para los distritos de riego, Escenario I.B.

^{iv} Ley de Aguas Nacionales. Capítulo III Bis Suspensión, Extinción, Revocación, Restricciones y Servidumbres de la Concesión, Asignación, o Permiso Provisional para el Uso del Agua y de Permiso de Descarga; Sección Segunda, Artículo 29 Bis 3, Fracción VI, Párrafo 7 y 8.

Tabla 42. Volumen de concesión, extracción y déficit promedio para los distritos de riego, Escenario I.B.

Distrito de Riego	Cuenta	Concesión (hm ³ /año)	Extracción Promedio (%)	Déficit Promedio (%)	Extracción Mínima (%)
DR 005 Delicias	BR	906.1	94.3%	5.7%	45%
	Sc. I.B	906.1	98.1%	1.9%	57%
DR 025 Bajo Rio Bravo	BR	861.0	97.8%	2%	61%
	Sc. I.B	861.0	98.2%	2%	64%
DR 090 Bajo Rio Conchos	BR	85.0	99.7%	0%	91%
	Sc. I.B	85.0	100.0%	0%	91%
WMS 8 Agriculture A	BR	374.3	69.0%	31%	25%
	Sc. I.B	374.3	70.8%	29%	26%
WMS 9-13 Agriculture A	BR	1427.2	69.0%	31%	25%
	Sc. I.B	1427.2	70.8%	29%	26%

La Tabla 43 y Figura 40 muestran el volumen de concesión, la extracción y déficit promedio, así como la extracción mínima en las cuentas Baseline Run y Scenario I.B, para los usos Público-Urbanos seleccionados.

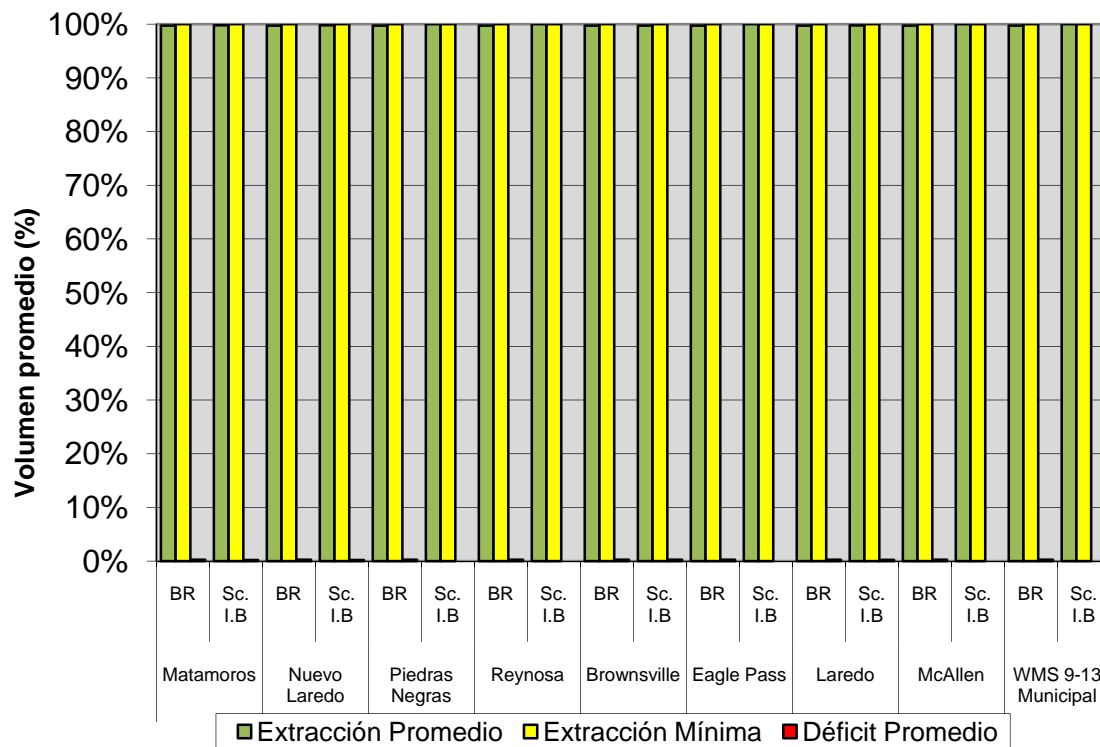


Figura 40. Extracción y déficit promedio para los usos Público -Urbano, Escenario I.B.

Tabla 43. Volumen de concesión, extracción y déficit promedio para los usos Publico-Urbano, Escenario I.B.

Uso Público Urbano	Cuenta	Concesión (hm ³ /año)	Extracción Promedio (%)	Déficit Promedio (%)	Extracción Mínima (%)
Matamoros	BR	48.0	100%	0%	100%
	Sc. I.B	48.0	100%	0%	100%
Nuevo Laredo	BR	36.1	100%	0%	100%
	Sc. I.B	36.1	100%	0%	100%
Piedras Negras	BR	36.0	100%	0%	100%
	Sc. I.B	36.0	100%	0%	100%
Reynosa	BR	67.0	100%	0%	100%
	Sc. I.B	67.0	100%	0%	100%
Brownsville	BR	85.5	100%	0%	100%
	Sc. I.B	85.5	100%	0%	100%
Eagle Pass	BR	9.5	100%	0%	100%
	Sc. I.B	9.5	100%	0%	100%
Laredo	BR	57.0	100%	0%	100%
	Sc. I.B	57.0	100%	0%	100%
McAllen	BR	0.8	100%	0%	100%
	Sc. I.B	0.8	100%	0%	100%
WMS 9-13 Municipal	BR	201.5	100%	0%	100%
	Sc. I.B	201.5	100%	0%	100%

La aplicación local del banqueo de agua subterránea mediante el método In Lieu, beneficia al distrito de riego DR-005 Delicias, con un incremento en su extracción promedio de 94.3 a 98.1% y en su extracción mínima de 45 a 57%. Los distritos de riego DR-025 Bajo Río Bravo, WMS 8 Agriculture “A” y WMS 9-13 Agriculture “A” también incrementaron su extracción media de 97.8 a 98.2%, de 69 a 70.8% y de 69 a 70.8%, y su extracción mínima de 61 a 64%, de 25 a 26% y de 25 a 26%, respectivamente. Para los usos Publico-Urbano no se presento cambio en la extracción, déficit promedio y extracción mínima.

Tratado

La Tabla 44 y Figura 41 muestra el volumen medio anual, mínimo y máximo con respecto al volumen medio anual (431.721 hm³/año) destinado al cumplimiento del tratado de 1944 en las cuentas Baseline Run y Scenario I.B para los Ríos Conchos, San Diego, San Rodrigo, Escondido, Salado y Arroyo Las Vacas.

Tabla 44. Volumen promedio, mínimo, máximo destinado al cumplimiento del tratado de los ríos establecidos en el tratado de 1944, Escenario I.B.

Esgurrimiento	Escenario	Esgurrimiento				Desviación Estándar (hm³/año)
		Promedio		Mínimo (%)	Máximo (%)	
		(hm³/año)	(%)			
Arroyo Las Vacas	BR	6.4	1%	0%	7%	4.7
	Sc. I.B	7.4	2%	0%	14%	8.5
Río Conchos	BR	357.4	83%	14%	316%	205.1
	Sc. I.B	341.1	79%	16%	293%	186.4
Río Escondido	BR	31.0	7%	0%	19%	21.6
	Sc. I.B	32.7	8%	0%	30%	24.9
Río Salado	BR	s	25%	3%	134%	123.8
	Sc. I.B	105.8	25%	3%	135%	123.7
Río San Diego	BR	73.1	17%	7%	40%	36.3
	Sc. I.B	76.4	18%	7%	64%	44.7
Río San Rodrigo	BR	49.6	11%	1%	68%	49.7
	Sc. I.B	49.2	11%	1%	68%	49.7
Obligaciones del Tratado	BR	625.8	145%	62%	371%	298.2
	Sc. I.B	612.7	142%	63%	348%	284.0

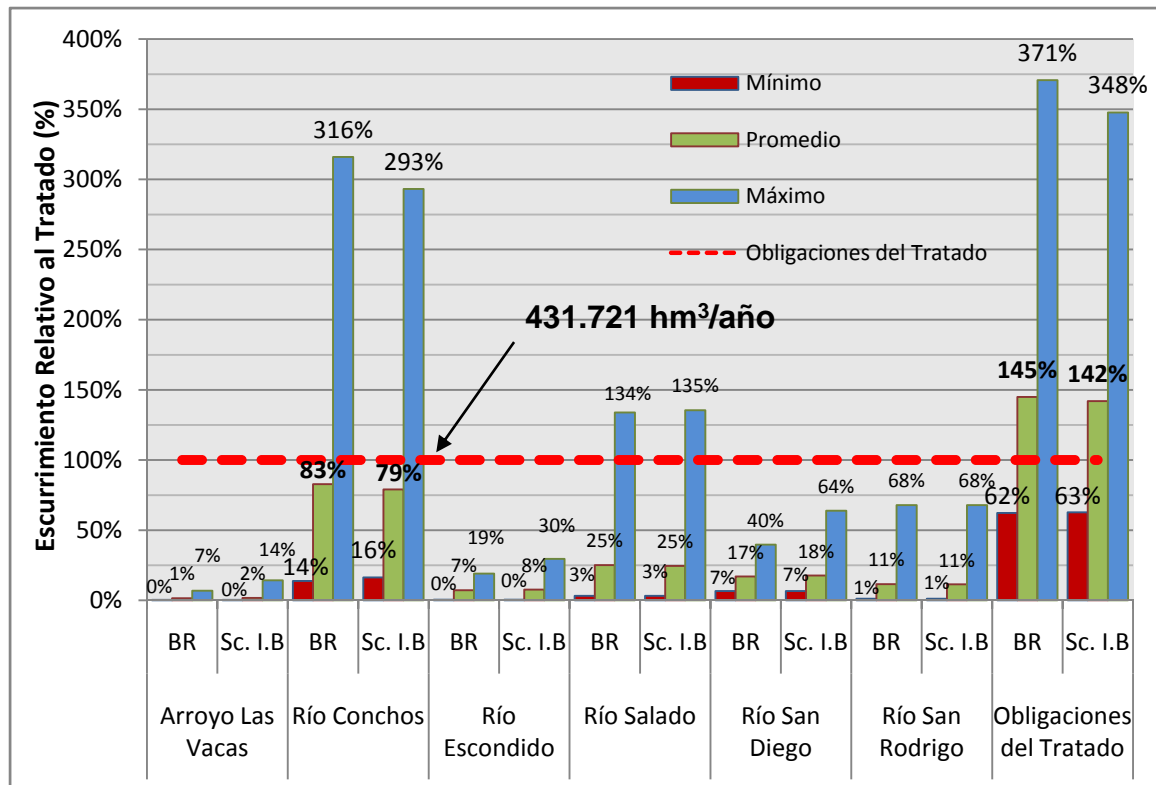


Figura 41. Volumen promedio, mínimo y máximo destinado al cumplimiento del tratado de los ríos establecidos en el tratado de 1944, Escenario I.B.

De los resultados presentados en la Tabla 48 y Figura 40 se puede apreciar que para las obligaciones del tratado, el Río Conchos fue el único que presento cambio en su volumen promedio anual destinado al tratado del 83 al 79%. Esto representa que debido a un mayor uso de agua superficial, el escurrimiento promedio del Río Conchos al Río Bravo se verá disminuido, como se muestra en la Figura 42. En contraste con este valor, el escurrimiento mínimo fue mayor (de 14 a 16%) debido a que se tiene una mayor disponibilidad de agua provocada por el banco de agua. A su vez, también se presento una reducción en el volumen de escurrimiento máximo (de 316 a 293%), lo que indica que una menor cantidad de agua será derramada cuando se presenten periodos húmedos.

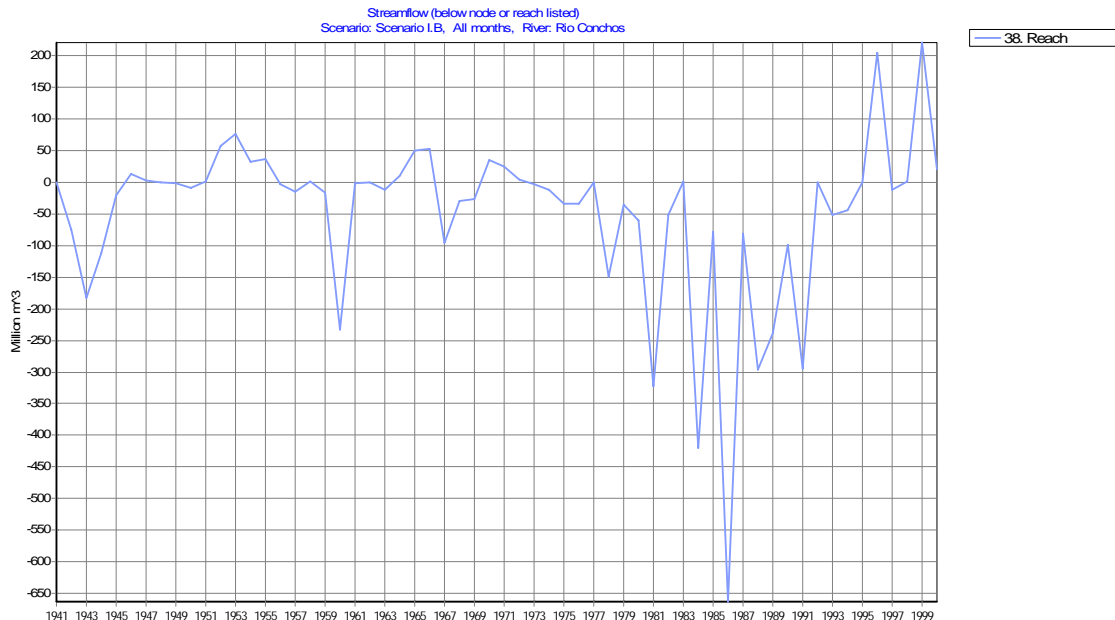


Figura 42. Comparativo del Escenario I.B con la cuenta Baseline Run del escurrimiento del Río Conchos al Río Bravo/Grande, Escenario I.B.

La **Tabla 45** muestra un comparativo de los volúmenes de agua entregados por concepto de tratado para el escenario de referencia Baseline Run y el Escenario I.B. Estos resultados muestran que para el tercer ciclo del tratado (1950-1955), en la cuenta de referencia Baseline Run se presento un déficit para las obligaciones del tratado de 677.7 hm³, el cual en el Escenario I.B se disminuyo a 618.6 hm³. De igual forma, en el 12 ciclo (1995-2000) se presento un déficit para las obligaciones del tratado en la cuenta de referencia Baseline Run de 488.9 hm³, el cual se disminuyo en el Escenario I.B a 440.9 hm³.

Tabla 45. Volumen de agua entregado por concepto de obligaciones del tratado, Escenario I.B.

Ciclo	Periodo	Duración (Años)	Volumen Comprometido (hm ³)	Baseline Run		Escenario I.B	
				Entregado	Diferencia	Entregado	Diferencia
				(hm ³)	(hm ³)	(hm ³)	(hm ³)
1	1940-1945	5	2159	2997.4	838.4	2922.7	763.7
2	1945-1950	5	2159	2462.5	303.5	2488.9	329.9
3	1950-1955	5	2159	1481.3	-677.7	1540.4	-618.6
4	1955-1960	5	2159	3322.0	1163.0	3342.5	1183.5
5	1960-1965	5	2159	2449.8	290.8	2457.0	298.0
6	1965-1970	5	2159	3110.1	951.1	3090.0	931.0
7	1970-1975	5	2159	4253.7	2094.7	4252.7	2093.7
8	1975-1980	5	2159	4251.5	2092.5	4105.0	1946.0
9	1980-1985	5	2159	3403.0	1244.0	3137.7	978.7
10	1985-1990	5	2159	3965.5	1806.5	3787.5	1628.5
11	1990-1995	5	2159	4167.5	2008.5	3891.0	1732.0
12	1995-2000	5	2159	1670.1	-488.9	1718.1	-440.9

Acuífero Meoqui

La Tabla 46 y Figura 43 muestran un comparativo entre las cuentas Baseline Run y Escenario I.B del volumen mensual promedio del acuífero Meoqui-Delicias. Todos los porcentajes son calculados con respecto al volumen medio mensual de la cuenta Baseline Run. Al final del periodo de análisis, el almacenamiento del acuífero Meoqui para la cuenta Baseline Run y Escenario I.B fue de 59.5 hm³ y de 2815.4 hm³ respectivamente.

Tabla 46. Almacenamiento medio mensual del acuífero Meoqui, Escenario I.B.

Mes	Media			
	Baseline Run		Escenario I.B	
	(hm ³)	(%)	(hm ³)	(%)
Oct	214.1	90%	1462.6	613%
Nov	246.1	103%	1495.1	626%
Dic	279.3	117%	1520.9	637%
Ene	282.6	118%	1526.3	639%
Feb	285.6	120%	1526.2	639%
Mar	266.9	112%	1511.9	633%
Abr	245.6	103%	1499.3	628%
May	236.7	99%	1492.9	625%
Jun	217.0	91%	1481.7	621%
Jul	198.2	83%	1473.9	617%
Ago	192.0	80%	1476.5	618%
Sep	200.7	84%	1440.0	603%
Media	238.7	100%	1492.3	625%



La Figura 44 muestra el almacenamiento registrado para las cuentas Baseline Run y Escenario I.B del acuífero Meoqui. Como se puede apreciar, debido al uso del banco de agua existen épocas las cuales el almacenamiento del Escenario I.B es mayor o menor que en la cuenta Baseline Run. Básicamente, existen periodos húmedos donde el almacenamiento disponible en las presas es mayor que el volumen de extracción tal que permite utilizar el agua superficial, dejando de utilizar el agua subterránea y existen periodos secos donde se utiliza en mayor cantidad el agua subterránea. La pendiente del almacenamiento del acuífero Meoqui es positiva cuando el almacenamiento disponible en las presas es mayor que el volumen de extracción del DR-005 Delicias; la pendiente es negativa cuando el almacenamiento disponible de la presas es menor que el volumen de extracción.



De la Figura 44 es importante resaltar dos cosas. Primero, al final del periodo de análisis el almacenamiento del acuífero Meoqui para el Escenario I.B es mayor que en el escenario de referencia, lo que indica un balance positivo del agua disponible del Escenario I.B con respecto al Baseline Run. Segundo, es posible apreciar con claridad las épocas de sequía y de abundancia, así como que existen momentos en los cuales la extracción del acuífero Meoqui es tal, que podría extraer todo el almacenamiento de agua del acuífero en el Escenario I.B, como se presento de Agosto a Octubre de 1954, Agosto a Octubre de 1957, de Febrero a Septiembre de 1958, y de Julio a Septiembre de 1966.

La cantidad de agua depositada en el banco de agua a lo largo del periodo de análisis fue de 6802.8 hm³, cantidad que representa un banqueo de agua durante 36 años; la cantidad de agua extraída de la cuenta del banco por el DR-005 Delicias fue de 6314.1 hm³, a lo largo de 22 años, por lo que se presento un saldo positivo de 488.4 hm³ (Tabla 47Tabla 47).

Tabla 47. Agua Banqueada, y extraída del Banco, Escenario I.B.

	Volumen (hm3)	Periodo (años)
Agua Banqueada	6802.5	36.0
Agua Extraída del Banco	6314.1	22.0
Deficit/Superavit	488.4	

Criterios de desempeño

La **Tabla 48** y **Figura 45** muestran la confiabilidad para los distritos de riego. La **Tabla 49** y **Figura 46** muestran la confiabilidad para los usos Público-Urbanos

Tabla 48. Confiabilidad para distritos de riego, Escenario I.B.

Distrito de Riego	Concesión (hm ³ /año)	Confiabilidad (%)	
		Baseline Run	Escenario I.B
DR-005 Delicias	906.1	76.5	96.3
DR-025 Bajo Rio Bravo	861.0	97.4	97.6
DR-090 Bajo Rio Conchos	85.0	100.0	100.0
WMS 8 Agriculture A	374.3	22.5	25.6
WMS 9-13 Agriculture A	1427.2	22.5	25.6

Tabla 49. Confiabilidad para usos público-urbanos, Escenario I.B.

Uso Público-Urbano	Concesión (hm ³ /año)	Confiabilidad (%)	
		Baseline Run	Escenario I.B
Matamoros	48.0	100.0	100.0
Nuevo Laredo	36.1	100.0	100.0
Piedras Negras	36.0	100.0	100.0
Reynosa	67.0	100.0	100.0
Brownsville	51.5	100.0	100.0
Eagle Pass	9.5	100.0	100.0
Laredo	52.7	100.0	100.0
McAllen	0.8	100.0	100.0
WMS 9-13 Municipal	201.5	100.0	100.0

Para los distritos de riego que presentaron una confiabilidad menor al 100%, se calcularon los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo para cada una de estas concesiones. Para los usos Publico Urbanos no es posible calcular los índices de resiliencia y vulnerabilidad ya que presentaron un extracción promedio y confiabilidad del 100 %.

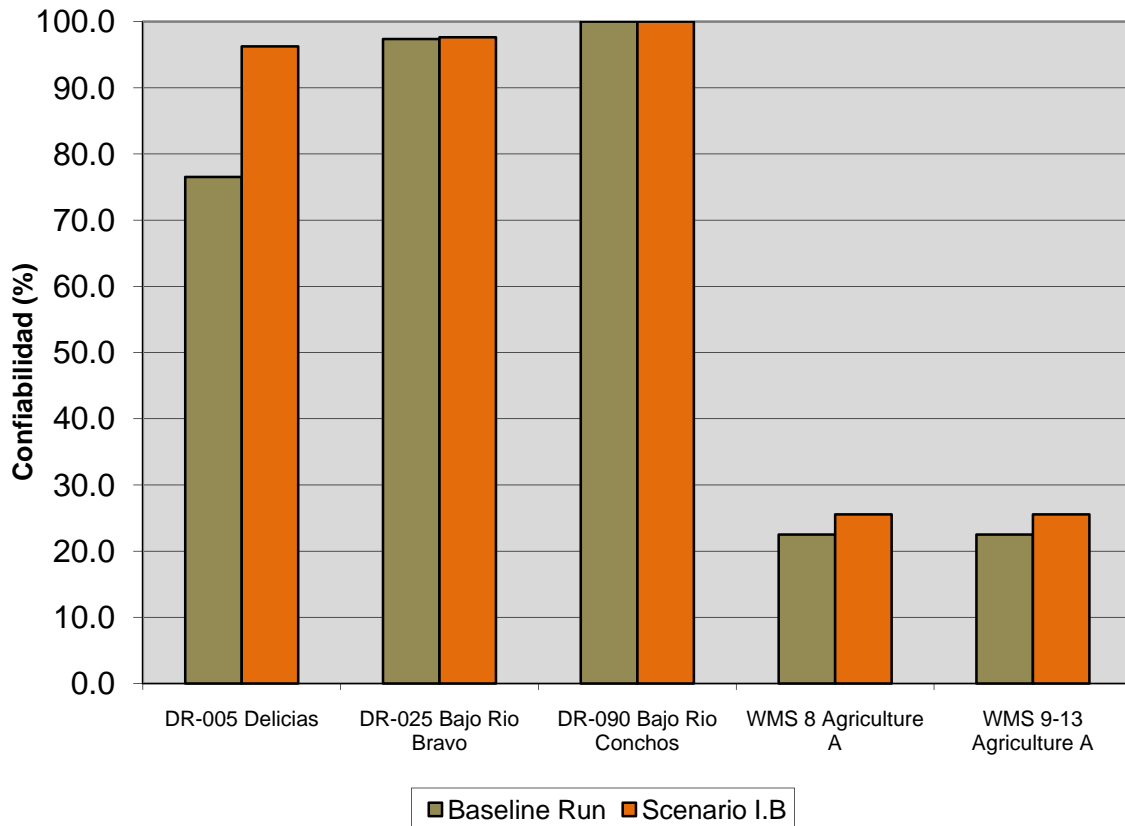


Figura 45. Confiabilidad para distritos de riego, Escenario I.B.

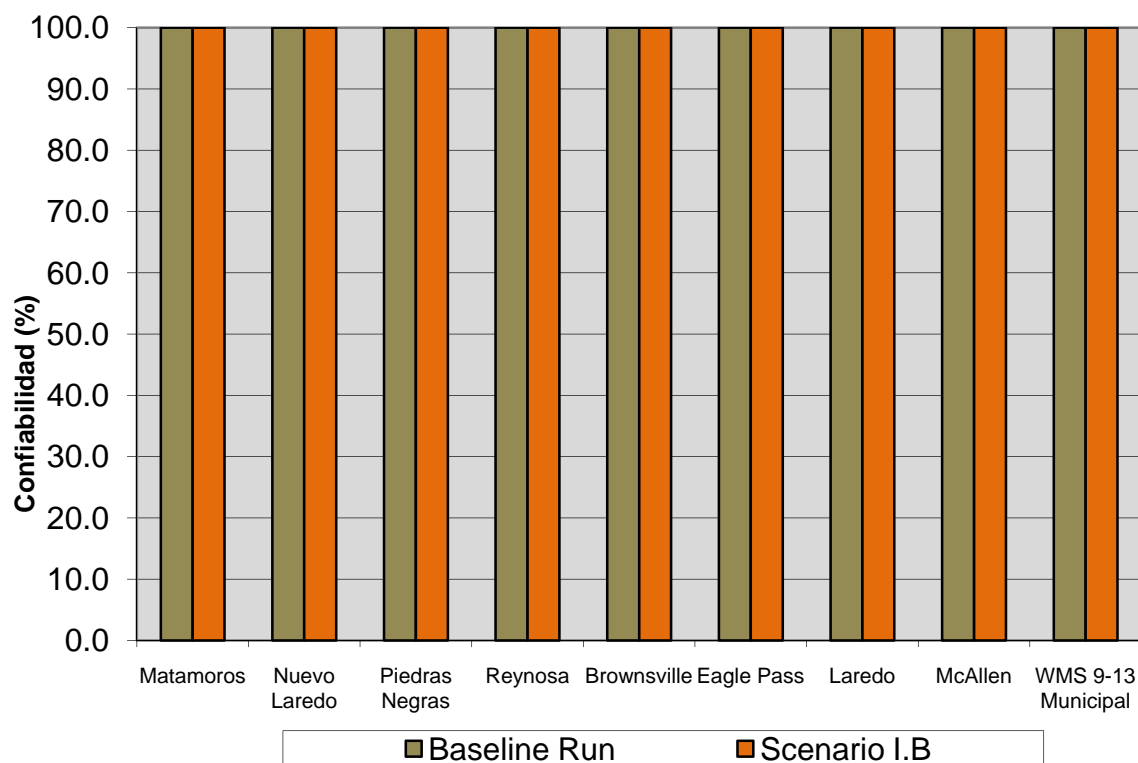


Figura 46. Confiabilidad para usos Público-Urbanos, Escenario I.B.

La Tabla 50 y Figura 47 muestran los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo experimentado para los distritos de riego.

Tabla 50. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y déficit máximo para los distritos de riego que presentaron déficit en su concesión, cuenta Escenario I.B.

	DR-005		DR-025		WMS 8 "A"		WMS 9-13 "A"	
	BR	I.B	BR	I.B	BR	I.B	BR	I.B
Total de periodos	720	720	720	720	720	720	720	720
Periodos con Deficit	169	27	20	17	554	537	554	537
Confiabilidad (%)	76.5%	96.3%	97.2%	97.6%	23%	25%	23%	25%
Periodos regresando de un déficit	6	7	5	3	15	17	15	17
Resiliencia (%)	4%	26%	25%	18%	3%	3%	3%	3%
Volumen de deficit (hm ³)	2912.5	913.1	966.5	762.0	6866.0	6462.9	26182.9	24638.6
Vulnerabilidad* (%Concesión/mes)	2%	5%	6%	5%	3%	3%	49%	48%
Déficit Máximo* (%Concesión)	7%	11%	14%	13%	10%	9%	10%	9%
Concesión (hm³/año)	906.1	673.0	861.0	861.0	374.3	374.3	1427.2	1427.2

* Porcentajes obtenidos con respecto al volumen de concesión¹.

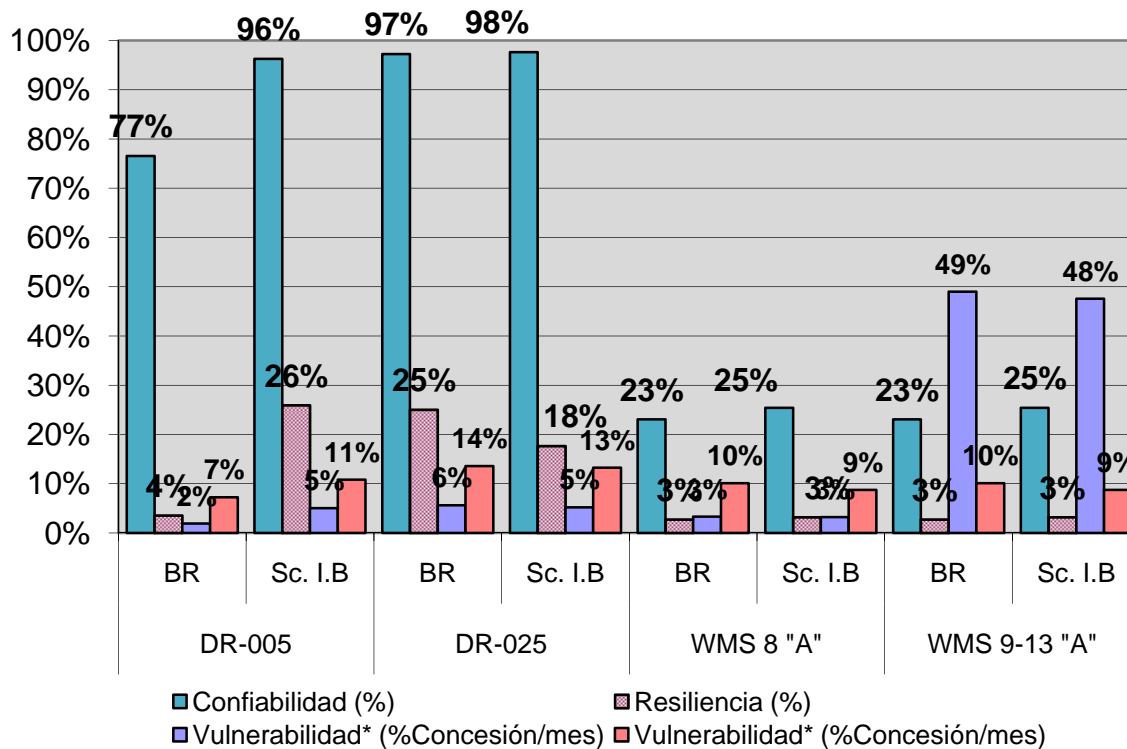


Figura 47. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y Déficit Máximo para los distritos de riego que presentaron déficit en su concesión, cuenta Escenario I.B.

De estos resultados se puede observar que todos los distritos de riego que presentaron un beneficio debido al banqueo de agua. Los distritos de riego DR-005 Delicias, DR-025 Bajo Río Bravo, WMS 8 Agriculture “A” y WMS 9-13 Agriculture “A” presentaron un incremento en su confiabilidad de 76.5 al 96.3%, de 97.2 a 97.6%, de 23 a 25% y de 23 a 25%, respectivamente. La vulnerabilidad y el déficit máximo de cada distrito de riego también disminuyó.

Presas

La Tabla 51 muestra el Almacenamiento medio mensual, mínimo y máximo para las presas seleccionadas. La Figura 48 muestra estos resultados como porcentaje del NAME de cada una de las presas.

Tabla 51. Comparativo del Almacenamiento Medio Mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presas La Boquilla, F. Madero, Luís L. León, Amistad y Falcon, cuenta Escenario I.B.

Presa	Cuenta	NAMO (hm ³)	Media (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Amistad	BR	3887	87%	36%	116%
	Sc. I.B		85%	33%	116%
F. Madero	BR	348	58%	9%	100%
	Sc. I.B		52%	2%	100%
Falcon	BR	3273	82%	35%	107%
	Sc. I.B		80%	32%	107%
La Boquilla	BR	2903	59%	9%	100%
	Sc. I.B		48%	9%	97%
Luis L. León	BR	356	108%	52%	140%
	Sc. I.B		106%	48%	140%

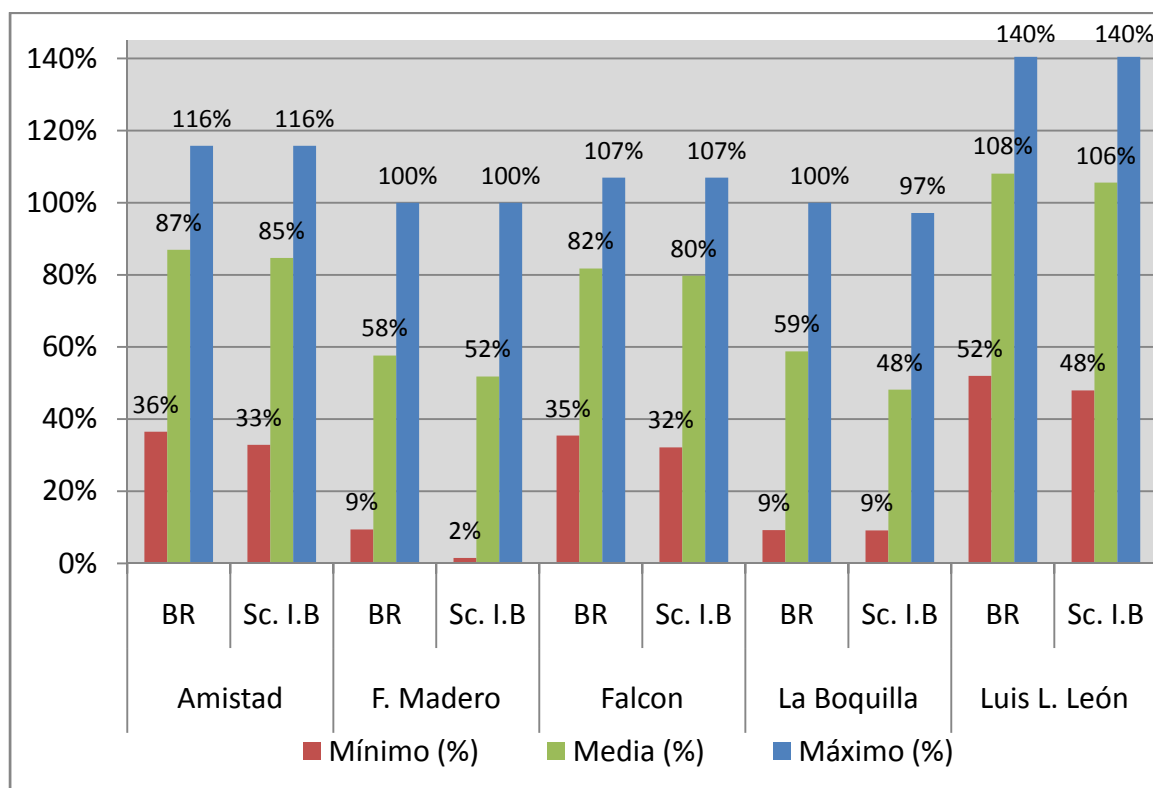
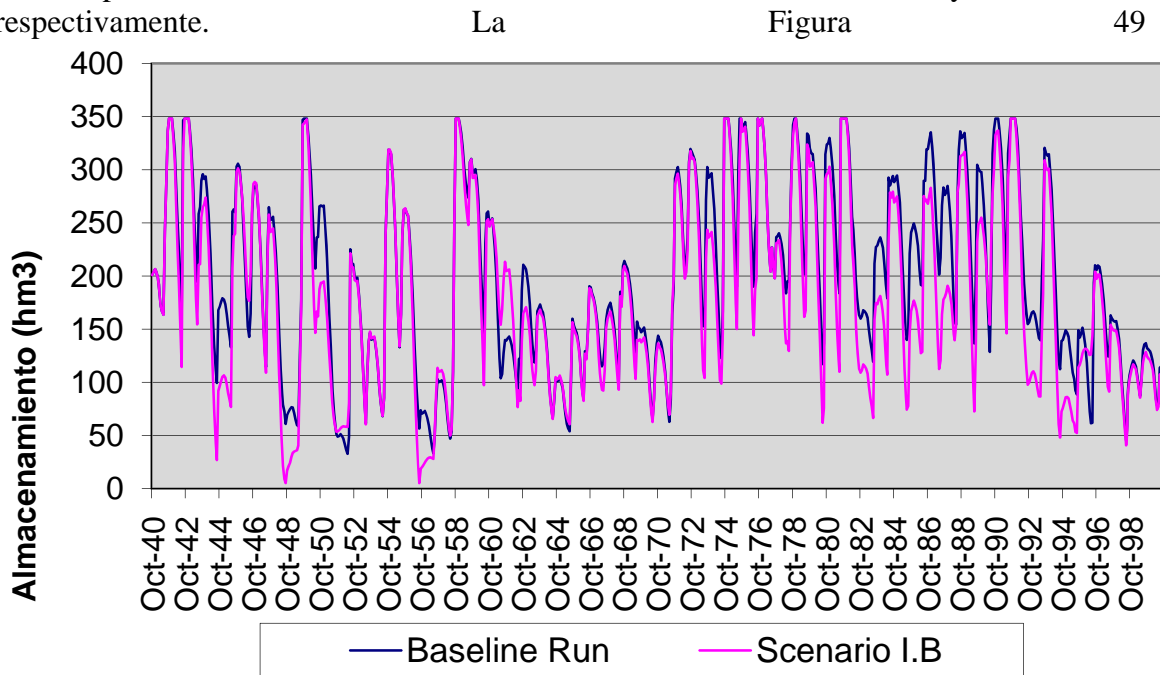


Figura 48. Comparativo del Almacenamiento Medio Mensual y Máximo para la presas La Boquilla, F. Madero, Luís L. León, Amistad y Falcon, Escenario I.B.

Las presas La Boquilla, Francisco I. Madero, Luís L. León así como las presas internacionales Amistad y Falcon presentaron una reducción en su almacenamiento medio mensual de 59 a 48%, de 58 a 52%, de 108 a 106%, de 87 a 85% y de 82% a 80% respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa,

Debido al banqueo de agua a través del método *In Lieu*, las presas La Boquilla y F. Madero presentaron una disminución en su almacenamiento de 59 a 48% y de 58 a 52%, respectivamente.



y Figura 50 muestran el comparativo del almacenamiento entre el escenario de referencia Baseline Run y el Escenario I.B.

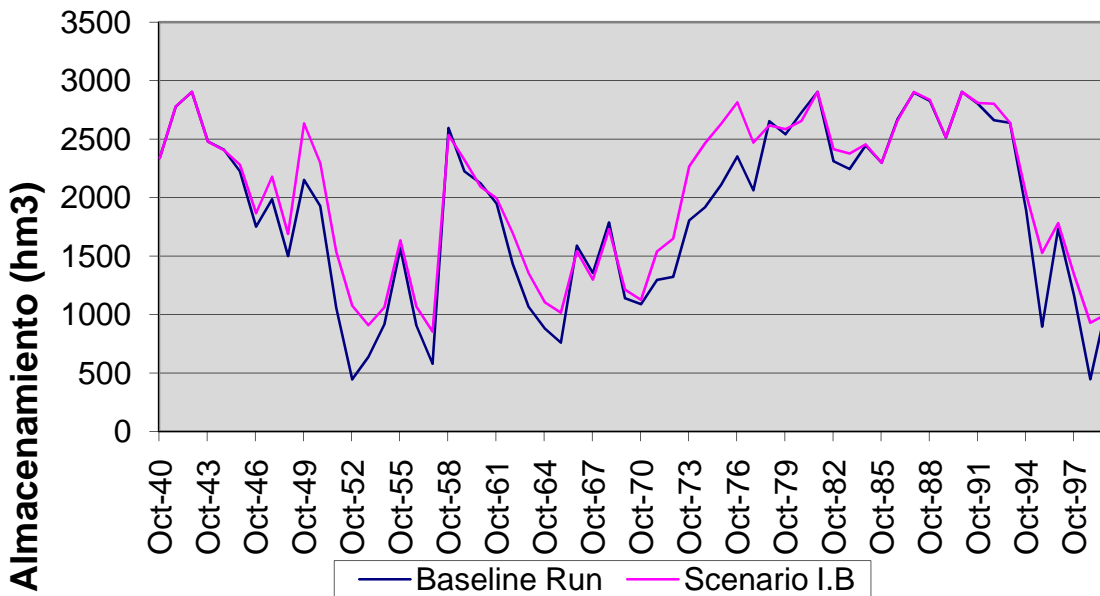


Figura 49. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa La Boquilla, Baseline Run Vs. Escenario I.B.

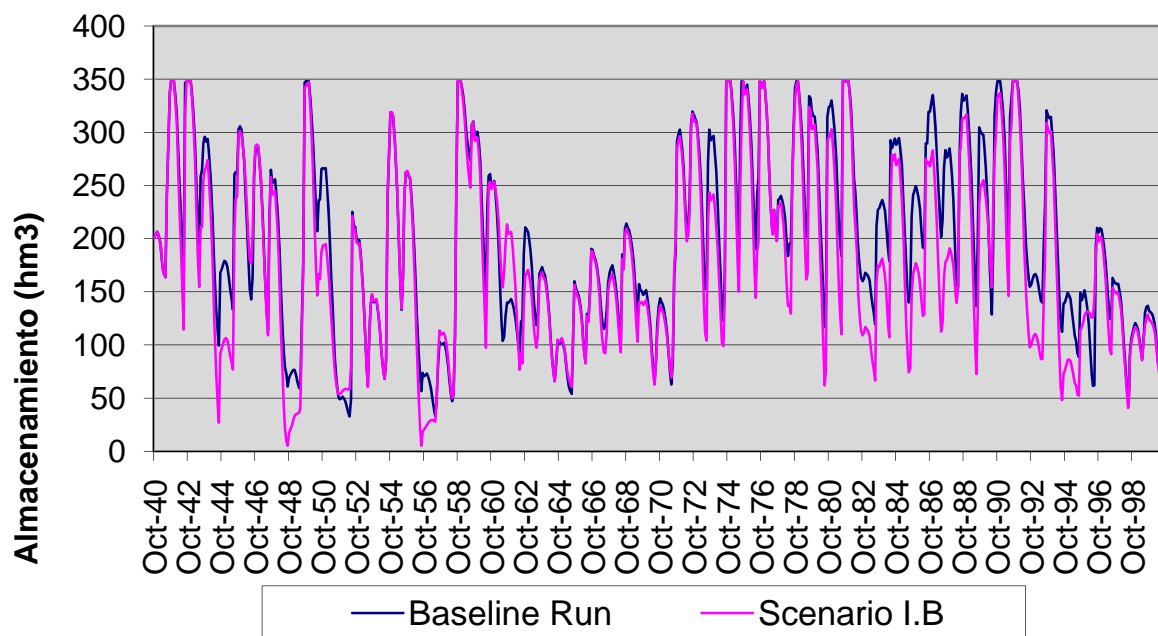


Figura 50. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa F. Madero, Baseline Run Vs. Escenario I.B.

El almacenamiento en las presas Amistad, Falcon y Luís L. León no presentan cambios significativos en su almacenamiento, como se muestra en la Figura 51, Figura 52 y Figura 53, respectivamente.

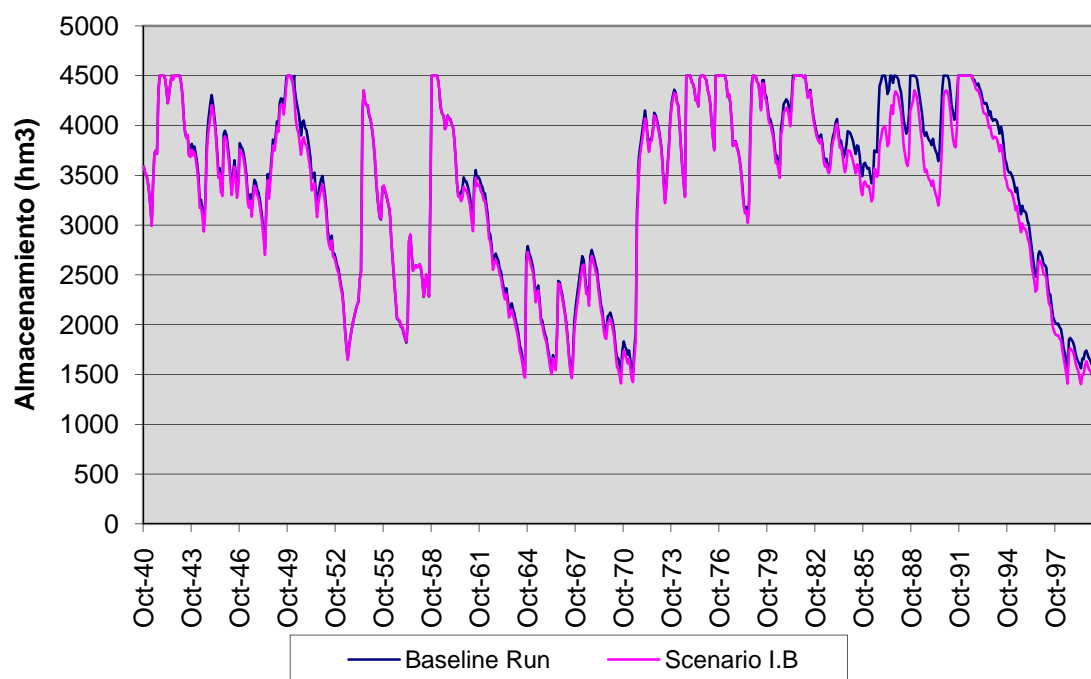


Figura 51. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Amistad, Baseline Run Vs. Escenario I.B.

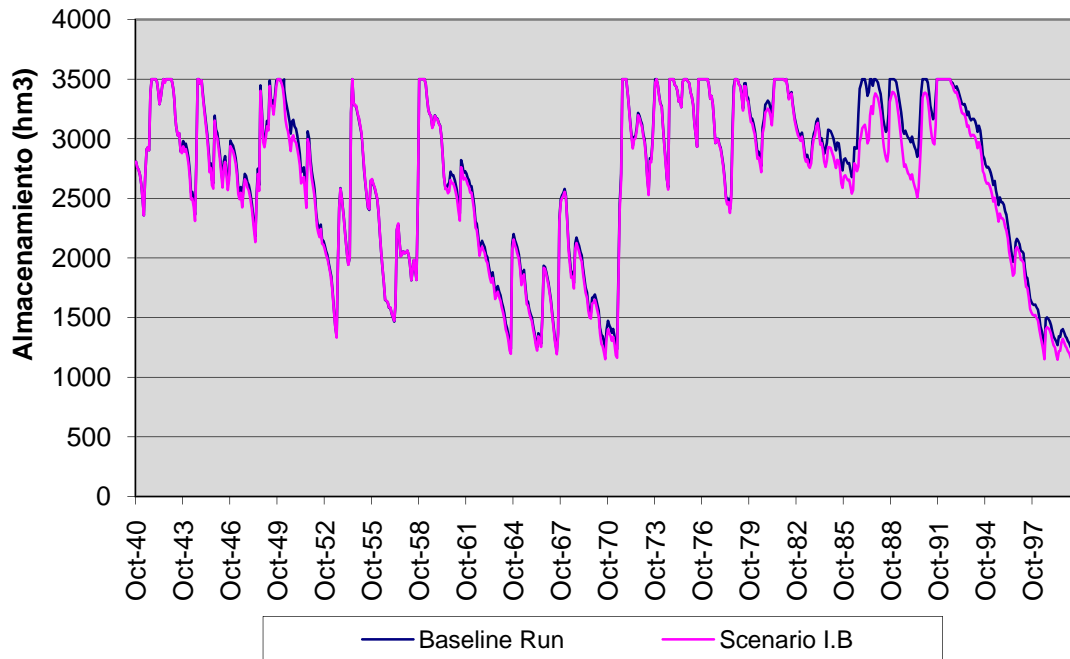


Figura 52. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Falcon, Baseline Run Vs. Escenario I.B.

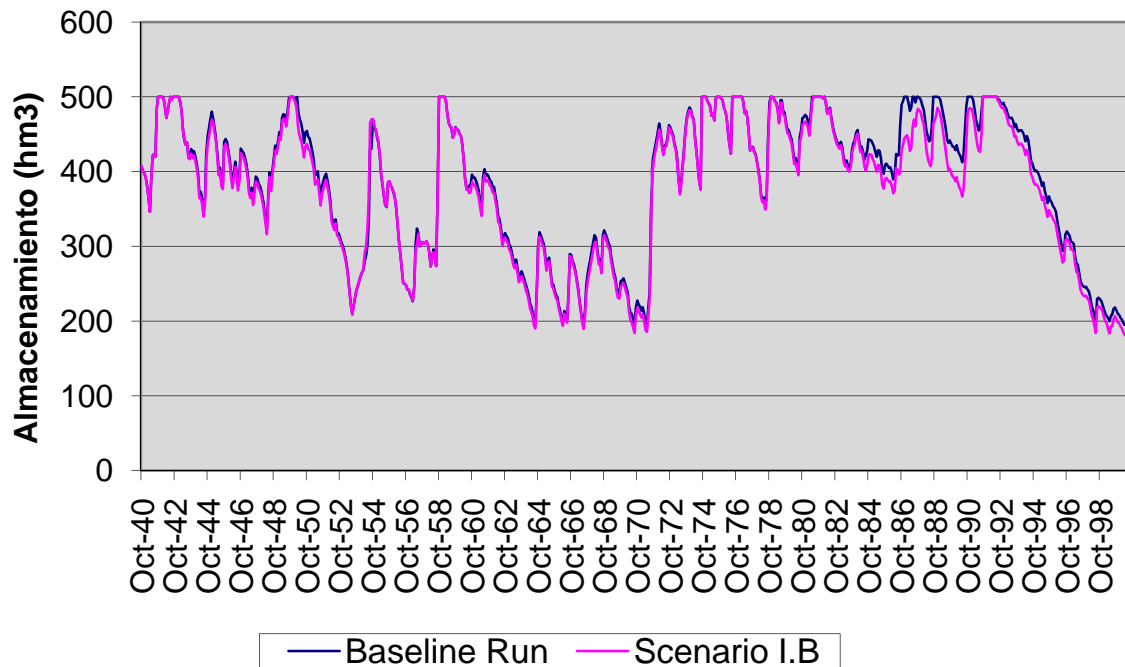


Figura 53. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Luís L. León, Baseline Run Vs. Escenario I.B.

Cociente In lieu

Varias secuencia de 5 y 10 años fueron analizadas para determinar la toma de decisión de cuando aplicar el método In Lieu para el banqueo de agua. Para la secuencia de 5 años Normales (5N), se desarrollo una relación que compara el decremento en el volumen de

las presas y el incremento en el volumen del almacenamiento en el acuífero. En el Escenario I.B, cuando el almacenamiento disponible es mayor que la extracción, mas agua superficial es utilizada para abastecer al DR-005 en comparación con el agua utilizada para este mismo propósito en la cuenta Baseline Run. Debido a esto, se genera un volumen diferencial que para fines de este documento se denominara “decremento en el volumen de almacenamiento en presas”. A su vez, existe una menor asignación de agua subterránea para abastecer al DR-005 por lo que se genera un volumen diferencial que se denominara “Incremento en el volumen de almacenamiento en el acuífero”. El “*Cociente in lieu*” es el cociente que relaciona el decremento en los volúmenes de almacenamiento en presas comparado con el incremento de agua almacenada en los acuíferos. El *cociente in lieu* es un valor adimensional.

$$in\ lieu\ ratio = \frac{\text{incremento en volumen de almacenamiento en acuífero}}{\text{decremento en volumen de almacenamiento en presas}} \quad [10]$$

La **Tabla 52** muestra el cociente in lieu al final de cada año hidrológico. Para el primer año de simulación el cociente es menor que uno (0.83) lo que significa que el decremento en el volumen de agua almacenada es mayor que el incremento de agua en el acuífero Meoqui. Para el segundo año el cociente es prácticamente uno (1.01), lo que significa que para las condiciones establecidas en el Escenario I.B, *el banqueo del agua es hidrológicamente factible*; debido a que el decremento en los volúmenes de almacenamiento en las presas esta en equilibrio con respecto al incremento del agua almacenada en el acuífero. Después del segundo año, el cociente in lieu es mayor que uno por el hecho que mas agua es almacenada en acuífero comparada con la disminución de agua en las presas. Para el tercer y cuarto año, los cocientes son 1.26 y 1.35 respectivamente.

Tabla 52. Cociente *In Lieu* para una secuencia de 5 años normales

Año de Simulación	Decremento en Almacenamiento en presas (hm ³)	Incremento en Almacenamiento en Acuífero (hm ³)	Cociente "In lieu"
0	0.0	0.0	-----
1	226.5	189.0	0.83
2	372.5	377.9	1.01
3	451.4	566.9	1.26
4	559.7	755.8	1.35

Otras tres secuencias de 5 años (1 año normal y 4 años con otras condiciones hidrológicas) fueron utilizados para determinar la factibilidad hidrológica del banqueo de agua subterránea por el método in lieu. Los resultados de esta simulación son presentados en la Tabla 53 y Figura 54. Bajo periodos secos y muy secos el método in lieu no es hidrológicamente factible porque el *cociente in lieu* es menor que 1. Como ya se ha mencionado, periodos normales el método *in lieu* es factible hidrológicamente al final de segundo año de aplicación. Para periodos húmedos, el método *in lieu* es factible al final del primer año.

Tabla 53. Comparación del Cociente *In Lieu* para secuencias de 5 años con diferentes condiciones hidrológicas.

Año de Simulación	Cociente <i>In lieu</i>			
	1N-4VD	1N-4D	5N	1N-4W
NHC(1972)	-----	-----	-----	-----
1	0.17	0.26	0.83	2.41
2	0.19	0.28	1.01	2.65
3	0.15	0.29	1.26	3.59
4	0.14	0.26	1.35	16.45

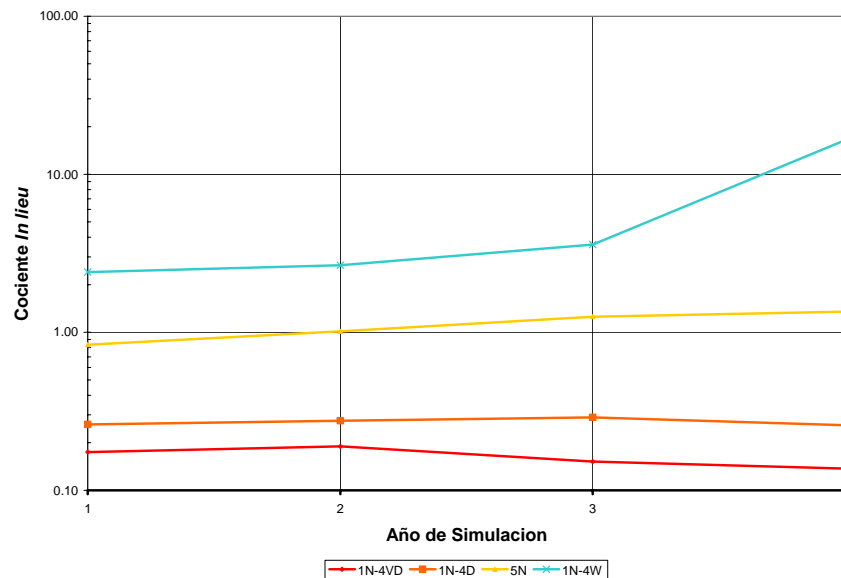


Figura 54. Cociente *In Lieu* de secuencias de 5 años para diferentes condiciones hidrológicas.

Conclusiones

El banco de agua subterránea por medio del método *in lieu* provee múltiples beneficios a la cuenca del Río Grande/Bravo. A pesar de que los niveles de almacenamiento en las presas La Boquilla, F. Madero y Luís L. León son menores que en el escenario de referencia Baseline Run, el banco de agua subterránea provee un incremento en la extracción promedio y confiabilidad para el DR-005 Delicias, así como un mayor escurrimiento mínimo del Río Conchos para las obligaciones del tratado. Además, debido a que se utiliza una mayor cantidad de agua superficial en periodos húmedos, existe una menor probabilidad de que derrames no controlados sucedan debido a que los niveles de agua en las presas son menores.

Bajo condiciones hidrológicas normales, es recomendable el uso del método *in lieu* para banco de agua cuando menos por dos años, cuando el método alcanza la factibilidad hidrológica (*cociente in lieu* = 1). A partir de este punto, una mayor cantidad de agua será banqueada en el acuífero que el decremento de agua sufrido en las presas. No es

recomendable banquear agua bajo condiciones de sequía porque el *cociente in lieu* es menor a 1.

Al menos dos evaluaciones son necesarias al final de cada año hidrológico para decidir la aplicación del método de banqueo *In lieu* para el siguiente año. Primero la condición del almacenamiento de agua superficial debe ser establecida: p. ej. Normal ($Av_S \geq Diversion$), en estrés ($SW^{+Losses} \leq Av_S \leq Diversion$) o escasa ($Av_S < SW^{+Losses}$). Segundo, una evaluación de las condiciones hidrológicas de los escurrimiento debe llevarse acabo para determinar si el año precedente fue muy seco (VD), seco (D), normal (N), húmedo (W) o muy húmedo (VW). Estas dos evaluaciones nos permitirán decidir si el método *in lieu* se aplica para el siguiente año hidrológico o no. El método *In Lieu* es recomendado cuando la condición de almacenamiento es *Normal* y el año hidrológico previo fue normal o húmedo. En contraste, el método *in lieu* no es recomendado después de periodos de escurrimiento secos o muy secos porque el *cociente in lieu* es menor a 1. El método *in lieu* no es recomendado cuando las condiciones del almacenamiento en las presas es considerado como *en estrés* o *escasa* porque es probable que se presente un déficit en la extracción del DR-005 en el siguiente año hidrológico si las condiciones hidrológicas son secas o muy secas.

El Escenario **I.B.1** muestra los beneficios y la asignación del agua banqueada a usuarios aguas dentro de la cuenca del Río Conchos y aguas abajo de esta.

El *cociente in lieu* es un parámetro introducido en este escenario muy útil para comparar el agua banqueada con el decremento en los volúmenes de almacenamiento en presas. Para valores del *cociente in lieu* menores a uno, el sistema está perdiendo más agua superficial que la que se está ganando en el banco de agua subterránea. Bajo esta situación, no es recomendado el uso del método *in lieu*. Para un *cociente in lieu* igual a uno, el sistema está en equilibrio, lo que significa que el mismo volumen de agua perdido en los almacenamientos de agua superficial es el volumen de agua depositado en el banco de agua. Bajo esta condición, el sistema se convierte factible. Finalmente, si el *cociente in lieu* es mayor a uno, mas agua será depositada en el banco de agua subterránea que la perdida en los almacenamientos de agua superficial. Bajo esta condición se obtiene una ganancia de agua y el método *in lieu* se vuelve mucho más rentable.

En el presente escenario se considero que parte de las perdidas por conducción son consideradas como volúmenes de recarga al acuífero Meoqui, de acuerdo a los porcentajes establecido en el Escenario II.A.1. No obstante, es necesario una investigación a detalle para conocer las características geohidrológicas del Acuífero Meoqui.

Escenario I.B.1 La CNA re-adquiere concesiones acopladas con el incremento en los almacenamientos

El escenario I.B.1 es desarrollado considerando los volúmenes de concesión re-adquiridos mediante el programa PADUA (Programa de Adecuación de Derechos de Uso del Agua y Redimensionamiento de Distritos de Riego) y el método de banqueo de agua subterránea *In Lieu* antes explicados en los escenarios I.A y I.B, ambos escenarios serán evaluados trabajando en conjunto.

Resumen de Resultados

Debido a que en el distrito de riego DR-005 Delicias no presento déficit en su extracción, la extracción promedio y la confiabilidad para esta concesión se incremento de 94.3 a 100% y de 76.5 a 100% respectivamente. Los distritos de riego DR-025 Bajo Río Bravo, WMS 8 Agriculture “A” y WMS 9-13 Agriculture “A” presentaron un ligero incremento de su extracción promedio, pasando de 97.8 a 98.3%, de 69 a 69.6% y de 69 a 69.6%; y en su confiabilidad, pasando de 97.4 a 97.6%, de 22.5% a 22.9% y de 22.5% a 22.9%, respectivamente. Los usos Público-Urbano presentaron una extracción y confiabilidad del 100%. Para las obligaciones del tratado de 1944, el Río Conchos presento una disminución en su volumen promedio anual destinado al tratado de 357.4 a 341.1 hm³/año (del 83 al 79% con respecto al volumen promedio anual comprometido por concepto del tratado que es de 431.721 hm³/año). En contraste con este valor, el escurrimiento mínimo fue mayor, del 14 al 16%, debido a que se tiene una mayor disponibilidad de agua provocada por el banco de agua. A su vez, también se presento una disminución en el volumen de escurrimiento máximo, de 316% a 293%, lo que indica que una menor cantidad de agua será derramada cuando se presenten periodos húmedos.

Las presas La Boquilla Amistad y Falcon, presentaron una disminución en su almacenamiento medio, pasando de 59 a 54%, de 87 a 86% y de 82 a 81%, con respecto al NAMO de cada presa. La presa Luís L. León no presento cambio alguno en su almacenamiento medio, permaneciendo en un 108% de almacenamiento, con respecto a su NAMO. La presa F. Madero presento un ligero incremento, pasando del 58 al 59% de almacenamiento, con respecto a su NAMO. Esto representa que bajo condiciones normales se tiene una menor cantidad de agua almacenada, en época de sequía, se tiene un mayor volumen de agua en las presas y en periodos húmedos se tiene un menor nivel de agua en estas presas. El acuífero Meoqui presento un incremento en el almacenamiento de 1000% con respecto a la cuenta Baseline Run. Al final del periodo de análisis, el almacenamiento del acuífero Meoqui para la cuenta Escenario I.B.1 (4908.1 hm³) fue mayor que en el escenario de referencia Baseline Run (59.4 hm³), lo que representa un balance positivo del agua disponible del Escenario I.B.1 con respecto al Baseline Run. La cantidad de agua depositada en el banco de agua a lo largo del periodo de análisis fue de 7678.4 hm³, cantidad que representa un banqueo de agua durante 45 años y un deposito promedio de 170.6 hm³/año; la cantidad de agua extraída de la cuenta

del banco por el DR-005 Delicias fue de 3249.4 hm³, a lo largo de 14 años, con una extracción de 232.1 hm³/año; por lo que se presentó un **saldo positivo en el banco de agua de 4429.1 hm³**. Los resultados anteriores indican que la aplicación del Escenario I.B.1 por una parte no afecta las concesiones aguas abajo del DR-005 y por otra parte se tiene un saldo positivo en el banco de agua de 4429.1 hm³ que puede ser utilizado para abastecerlos déficit en las extracciones de distritos de riego, usos publico-urbanos u obligaciones del tratado aguas abajo del banco de agua. Para las obligaciones del tratado, las Unidades de Agua Bombeada por unidad de Agua Recibida es de 5.6:1, es decir, 5.6 unidades de agua deben ser bombeadas del acuífero Meoqui para que, en la confluencia del Río Conchos con el río Bravo/Grande, lleguen 3 unidades de agua de las cuales, una unidad es destinada a las obligaciones del tratado.

Antecedentes

El escenario I.B.1 es desarrollado considerando los volúmenes de concesión re-adquiridos mediante el programa PADUA (Programa de Adecuación de Derechos de Uso del Agua y Redimensionamiento de Distritos de Riego) y el método de banqueo de agua subterránea *In Lieu* antes explicados en los escenarios I.A y I.B. El programa PADUA ha sido descrito en la sección de *Antecedentes* del escenario I.A. El método de banqueo de agua subterránea *In Lieu* ha sido presentado en la secciones *Método In Lieu para banqueo de agua subterránea* y *Proceso de simulación* en el Escenario I.B.

Resultados

Para entender los resultados, es bueno considerar los dos métodos involucrados en este escenario. Por un lado, la re-adquisición de derechos de agua a través del programa PADUA incrementa el volumen de almacenamiento en las presas debido a la reducción en la concesión de agua de los distritos de riego 005 Delicias y 090 Bajo Río Conchos. Por otra parte, el método *in lieu* trata de disminuir el almacenamiento en presas por la preferencia a usar agua superficial de las presas para abastecer los volúmenes de extracción y banquiar agua en el acuífero.

Concesiones

La Tabla 54 muestra el volumen de concesión, la extracción y déficit promedio, así como la extracción mínima en las cuentas Baseline Run y Scenari I.B.1, para los distritos de riego seleccionados. La Figura 55 muestra estos resultados para los distritos que tuvieron una extracción promedio menor al 100%.

Tabla 54. Volumen de concesión, extracción y déficit promedio para los distritos de riego, Escenario I.B.1.

Distrito de Riego	Cuenta	Concesión (hm ³ /año)	Extracción Promedio (%)	Déficit Promedio (%)	Extracción Mínima (%)
DR 005 Delicias	BR	906.1	94.3%	5.7%	45%

	Sc. I.B.1	809.6	100%	0%	100%
DR 025 Bajo Rio Bravo	BR	861.0	97.8%	2%	61%
	Sc. I.B.1	861.0	98.3%	2%	65%
DR 090 Bajo Rio Conchos	BR	85.0	99.7%	0%	91%
	Sc. I.B.1	85.0	100.0%	0%	68%
WMS 8 Agriculture A	BR	374.3	69.0%	31%	25%
	Sc. I.B.1	374.3	69.6%	30%	25%
WMS 9-13 Agriculture A	BR	1427.2	69.0%	31%	25%
	Sc. I.B.1	1427.2	69.6%	30%	25%

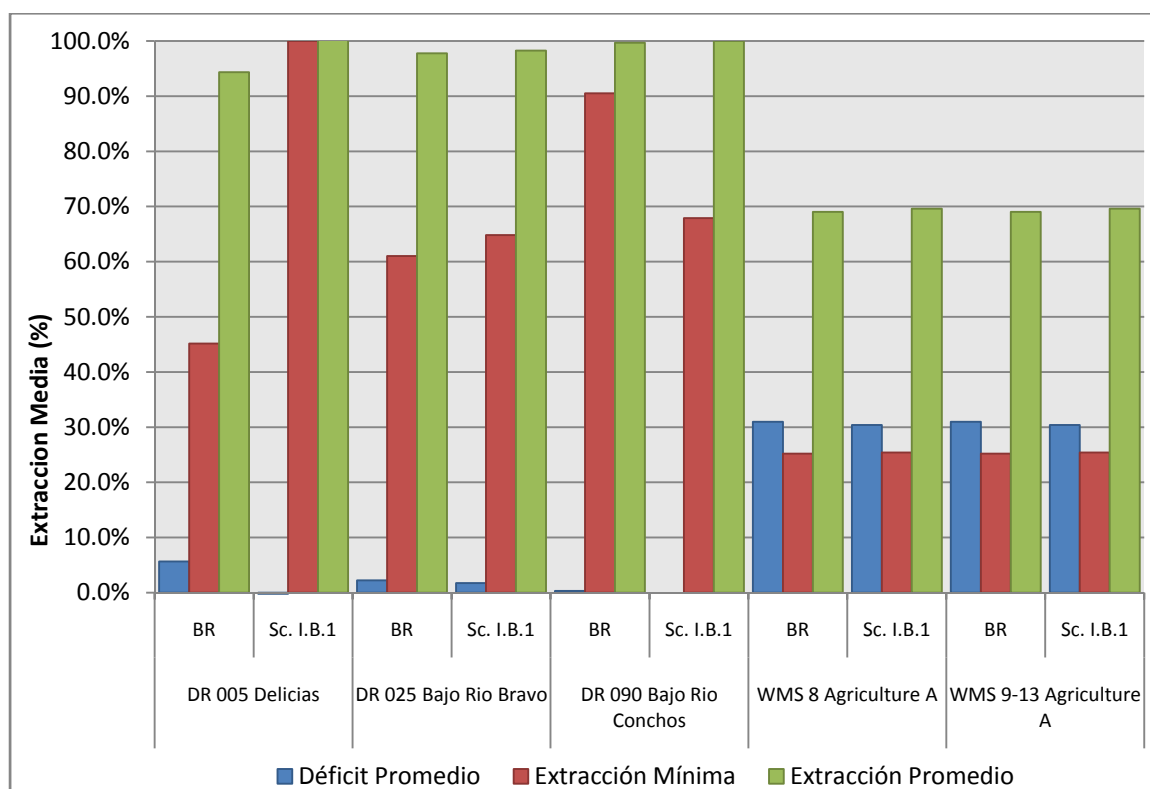


Figura 55. Extracción y déficit promedio para los distritos de riego, Escenario I.B.1.

La **Tabla 55** muestra el volumen de concesión, la extracción y déficit promedio, así como la extracción mínima en las cuentas Baseline Run y Scenario I.B.1, para los usos Público-Urbanos seleccionados. La Figura 56 muestra la grafica de los volúmenes de extracción de los usos Publico-Urbanos.

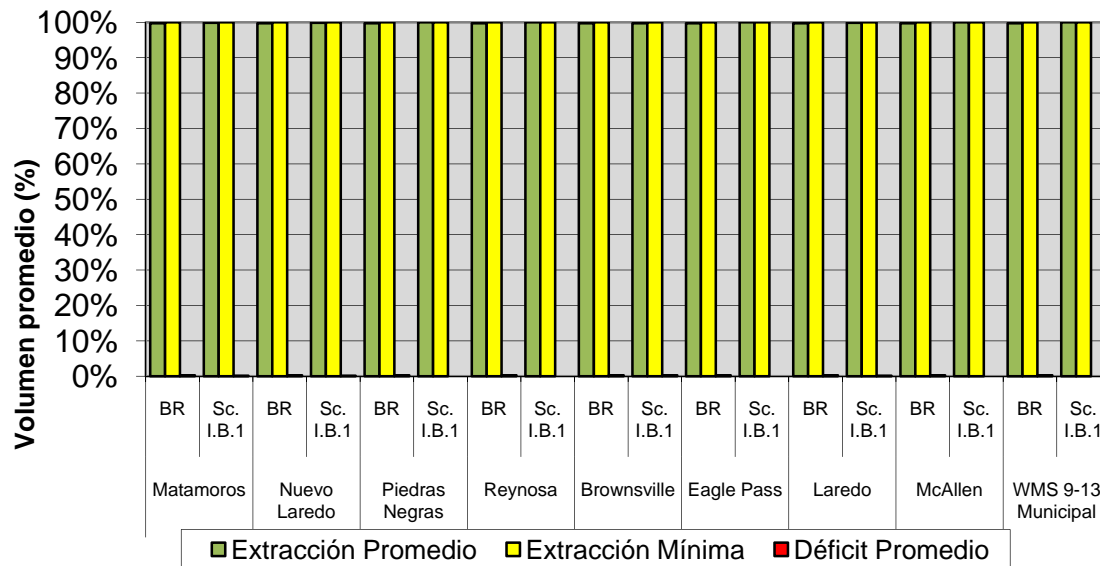


Figura 56. Extracción y déficit promedio para los usos Público -Urbano, Escenario I.B.1.

Tabla 55. Volumen de concesión, extracción y déficit promedio para los usos Publico-Urbano, Escenario I.B.1.

Uso Público Urbano	Cuenta	Concesión (hm ³ /año)	Extracción Promedio (%)	Déficit Promedio (%)	Extracción Mínima (%)
Matamoros	BR	48.0	100%	0%	100%
	Sc. I.B.1	48.0	100%	0%	100%
Nuevo Laredo	BR	36.1	100%	0%	100%
	Sc. I.B.1	36.1	100%	0%	100%
Piedras Negras	BR	36.0	100%	0%	100%
	Sc. I.B.1	36.0	100%	0%	100%
Reynosa	BR	67.0	100%	0%	100%
	Sc. I.B.1	67.0	100%	0%	100%
Brownsville	BR	85.5	100%	0%	100%
	Sc. I.B.1	85.5	100%	0%	100%
Eagle Pass	BR	9.5	100%	0%	100%
	Sc. I.B.1	9.5	100%	0%	100%
Laredo	BR	57.0	100%	0%	100%
	Sc. I.B.1	57.0	100%	0%	100%
McAllen	BR	0.8	100%	0%	100%
	Sc. I.B.1	0.8	100%	0%	100%
WMS 9-13 Municipal	BR	201.5	100%	0%	100%
	Sc. I.B.1	201.5	100%	0%	100%

La aplicación en conjunto de la compra permanente de volúmenes de concesión y la aplicación local del banqueo de agua subterránea mediante el método In Lieu, beneficia al distrito de riego DR-005 Delicias, con un incremento en su extracción promedio de

94.3 a 100%, es decir, no se presento ningún déficit en el DR-005 Delicias. Los distritos de riego DR-025 Bajo Río Bravo, WMS 8 Agriculture “A” y WMS 9-13 Agriculture “A” presentaron un ligero incremento de su extracción promedio, pasando de 97.8 a 98.3%, de 69 a 69.6% y de 69 a 69.6% respectivamente.

De igual forma, los usos Publico-Urbanos no se vieron afectados por el uso del banco de agua, presentando todos una extracción del 100%.

Estos resultados muestran que la aplicación conjunta de ambas políticas incrementa la disponibilidad de agua para el DR-005 Delicias de forma sustancial, no presentando déficit en la extracción. Además, se tiene una cantidad de agua banqueada extra, la cual permitiría no solo abastecer al DR-005 Delicias, sino a otros distritos de riego, usos Público-Urbanos o las obligaciones del tratado, como se mostrara en las secciones “*Impacto y distribución del agua banqueada dentro de la cuenca del Río Conchos*” y “*Impacto y distribución del agua banqueada en toda la Cuenca del Río Grande/ Bravo*” del presente escenario. El Escenario II.B.1 presenta el análisis del envío de agua del banco de agua al DR-025 Bajo Río Bravo, el Escenario II.C.1 presenta este mismo análisis para enviar en agua banqueada a las obligaciones del tratado.

Tratado

La Tabla 56 y Figura 57 muestra el volumen medio anual, mínimo y máximo con respecto al volumen medio anual (431.721 hm³/año) destinado al cumplimiento del tratado de 1944 en las cuentas Baseline Run y Scenario I.B.1 para los Ríos Conchos, San Diego, San Rodrigo, Escondido, Salado y Arroyo Las Vacas.

Tabla 56. Volumen promedio, mínimo, máximo destinado al cumplimiento del tratado de los ríos establecidos en el tratado de 1944, Escenario I.B.1.

Esgurrimiento	Escenario	Esgurrimiento				Desviación Estándar (hm³/año)
		Promedio		Mínimo (%)	Máximo (%)	
		(hm³/año)	(%)			
Arroyo Las Vacas	BR	6.4	1%	0%	7%	4.7
	Sc. I.B.1	7.4	2%	0%	14%	8.5
Río Conchos	BR	357.4	83%	14%	316%	205.1
	Sc. I.B.1	341.1	79%	16%	293%	186.4
Río Escondido	BR	31.0	7%	0%	19%	21.6
	Sc. I.B.1	32.7	8%	0%	30%	24.9
Río Salado	BR	108.3	25%	3%	134%	123.8
	Sc. I.B.1	105.8	25%	3%	135%	123.7
Río San Diego	BR	73.1	17%	7%	40%	36.3
	Sc. I.B.1	76.4	18%	7%	64%	44.7
Río San Rodrigo	BR	49.6	11%	1%	68%	49.7
	Sc. I.B.1	49.2	11%	1%	68%	49.7
Obligaciones del Tratado	BR	625.8	145%	62%	371%	298.2
	Sc. I.B.1	612.7	142%	63%	348%	284.0

De los resultados presentados en la Tabla 56 y Figura 57 se puede apreciar que para las obligaciones del tratado, el Río Conchos presento una disminución en su volumen promedio anual destinado al tratado, pasando del 83 al 79%, con respecto a las obligaciones anuales del tratado (431.721 hm³/año). Además, el escurrimiento mínimo fue mayor que el ocurrido en la cuenta Baseline Run, pasando del 14 al 16%, y el escurrimiento máximo presento un decremento, pasando de 316 al 293%, con respecto a las obligaciones anuales del tratado (431.721 hm³/año). Los resultados anteriores son sustentados, debido a que se tiene una mayor disponibilidad de agua provocada por el banco de agua, principalmente en épocas de sequía, como se muestra en la Figura 58. Esto representa que la aplicación conjunta de ambas políticas disminuye ligeramente el escurrimiento medio del Río Conchos al Río Bravo/Grande a lo largo de todo el periodo, incrementando las extracciones del banco de agua y los envíos de agua en épocas de sequía y almacenando una mayor cantidad de agua en periodos húmedos.

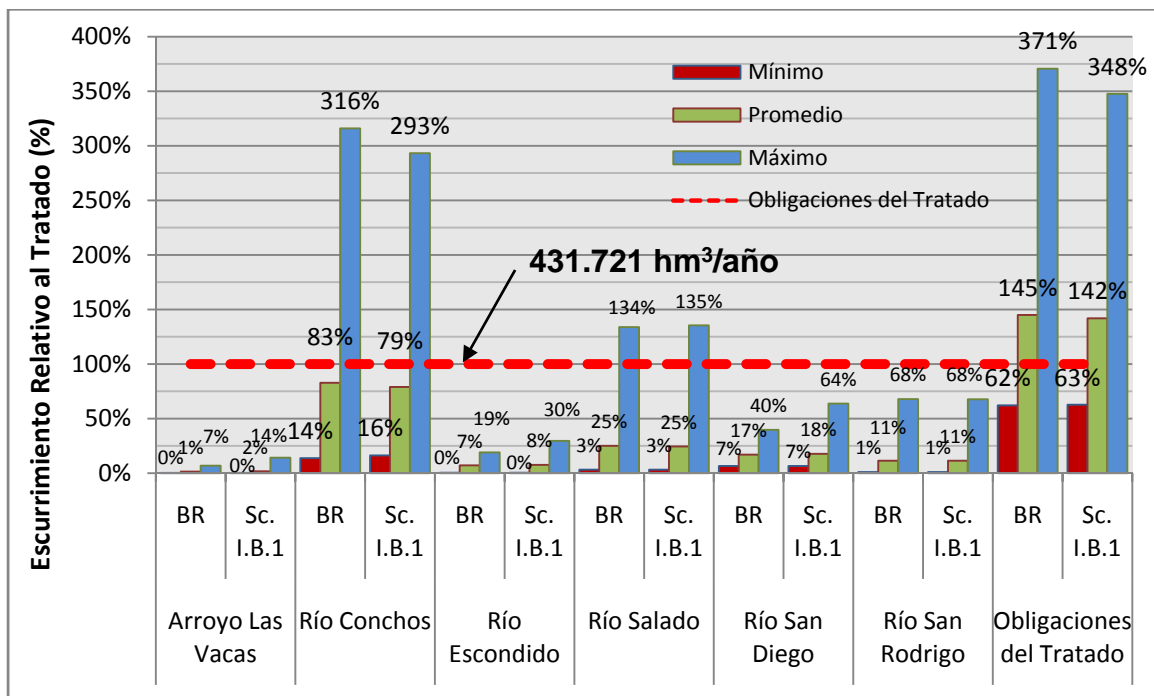


Figura 57. Volumen promedio, mínimo y máximo destinado al cumplimiento del tratado de los ríos establecidos en el tratado de 1944, Escenario I.B.1.

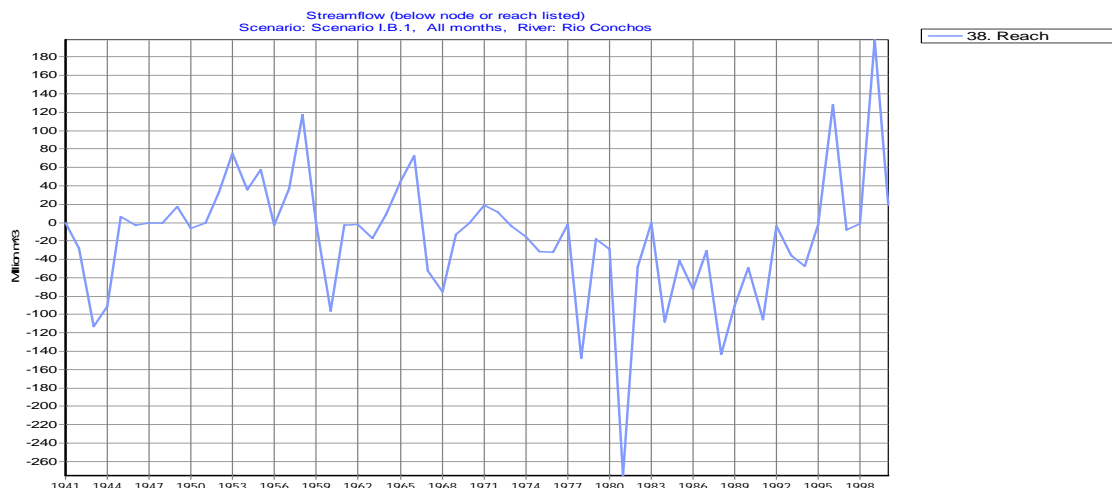


Figura 58. Comparativo del escurrimiento del Río Conchos al Río Bravo/Grande del Escenario I.B.1 Vs. Baseline Run, Escenario I.B.1.

La Tabla 57 muestra un comparativo de los volúmenes de agua entregados por concepto de tratado para el escenario de referencia Baseline Run y el Escenario I.B.1. Estos resultados muestran que para el tercer ciclo del tratado (1950-1955), en la cuenta de referencia Baseline Run se presentó un déficit para las obligaciones del tratado de 677.7 hm³, el cual en el Escenario I.B.1 se disminuyó a 618.6 hm³. De igual forma, en el 12 ciclo (1995-2000) se presentó un déficit para las obligaciones del tratado en la cuenta de referencia Baseline Run de 488.9 hm³, el cual se disminuyó en el Escenario I.B.1 a 440.9 hm³.

Tabla 57. Volumen de agua entregado por concepto de obligaciones del tratado, Escenario I.B.1.

Ciclo	Periodo	Duración (Años)	Volumen Comprometido (hm ³)	Baseline Run		Escenario I.B.1	
				Entregado	Diferencia	Entregado	Diferencia
				(hm ³)	(hm ³)	(hm ³)	(hm ³)
1	1940-1945	5	2159	2997.4	838.4	2922.7	763.7
2	1945-1950	5	2159	2462.5	303.5	2488.9	329.9
3	1950-1955	5	2159	1481.3	-677.7	1540.4	-618.6
4	1955-1960	5	2159	3322.0	1163.0	3342.5	1183.5
5	1960-1965	5	2159	2449.8	290.8	2457.0	298.0
6	1965-1970	5	2159	3110.1	951.1	3090.0	931.0
7	1970-1975	5	2159	4253.7	2094.7	4252.7	2093.7
8	1975-1980	5	2159	4251.5	2092.5	4105.0	1946.0
9	1980-1985	5	2159	3403.0	1244.0	3137.7	978.7
10	1985-1990	5	2159	3965.5	1806.5	3787.5	1628.5
11	1990-1995	5	2159	4167.5	2008.5	3891.0	1732.0
12	1995-2000	5	2159	1670.1	-488.9	1718.1	-440.9

Acuífero Meoqui

La Tabla 58 y Figura 59 muestran un comparativo entre las cuentas Baseline Run y Scenariio I.B.1 del volumen mensual promedio del acuífero Meoqui-Delicias. Todos los porcentajes son calculados con respecto al volumen medio mensual de la cuenta Baseline Run. Al final del periodo de análisis, el almacenamiento del acuífero Meoqui para la cuenta Baseline Run y Scenariio I.B.1 fue de 59.4 hm³ y de 4908.1 hm³ respectivamente.

Tabla 58. Almacenamiento medio mensual del acuífero Meoqui, Escenario I.B.1.

Mes	Media			
	Baseline Run		Scenario I.B.1	
	(hm ³)	(%)	(hm ³)	(%)
Oct	222.5	94%	2316.4	976%
Nov	254.9	107%	2349.0	989%
Dic	279.1	118%	2382.5	1004%
Ene	282.4	119%	2391.9	1008%
Feb	279.0	118%	2401.1	1011%
Mar	259.4	109%	2392.5	1008%
Abr	241.8	102%	2382.0	1003%
May	229.5	97%	2381.4	1003%
Jun	209.9	88%	2371.9	999%
Jul	195.1	82%	2363.3	995%
Ago	193.6	82%	2364.9	996%
Sep	201.8	85%	2378.6	1002%
Media	237.4	100%	2373.0	1000%

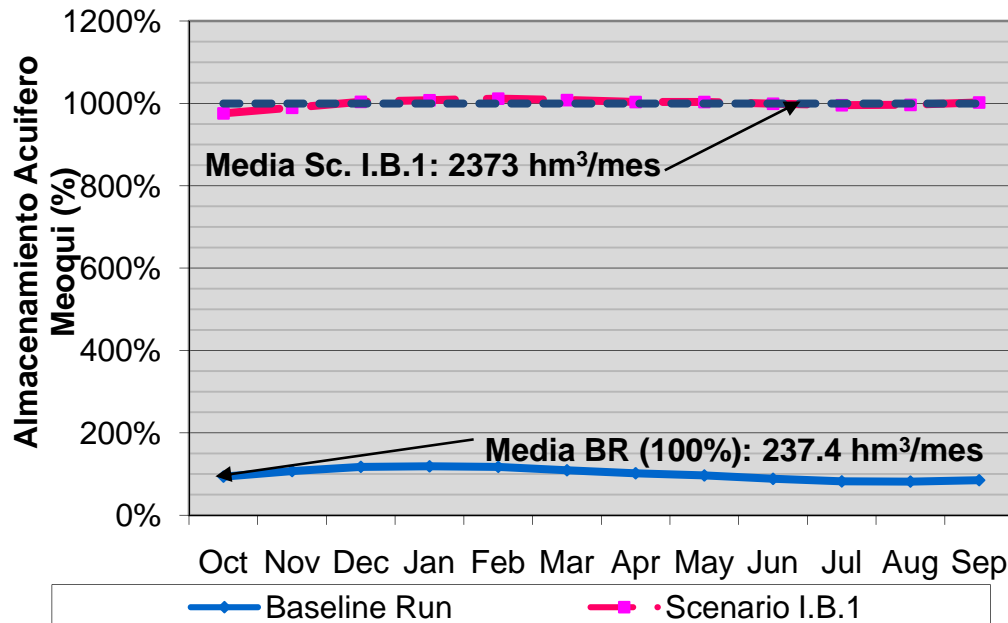


Figura 59. Almacenamiento mensual medio del acuífero Meoqui, Escenario I.B.1.

La Figura 60 muestra el almacenamiento registrado para las cuentas Baseline Run, Scenariio I.B y Scenariio I.B.1 del acuífero Meoqui. Como se puede apreciar, debido a la

aplicación conjunta de ambas políticas de operación, el almacenamiento en el acuífero Meoqui del Scenario I.B.1 siempre fue mayor que en el Scenario I.B. y que en la cuenta de referencia Baseline Run. De igual forma que en el Scenario I.B, existen periodos húmedos en los cuales es posible utilizar el agua superficial, dejando de utilizar el agua subterránea y existen periodos secos donde se utiliza en mayor cantidad el agua subterránea (Figura 60).

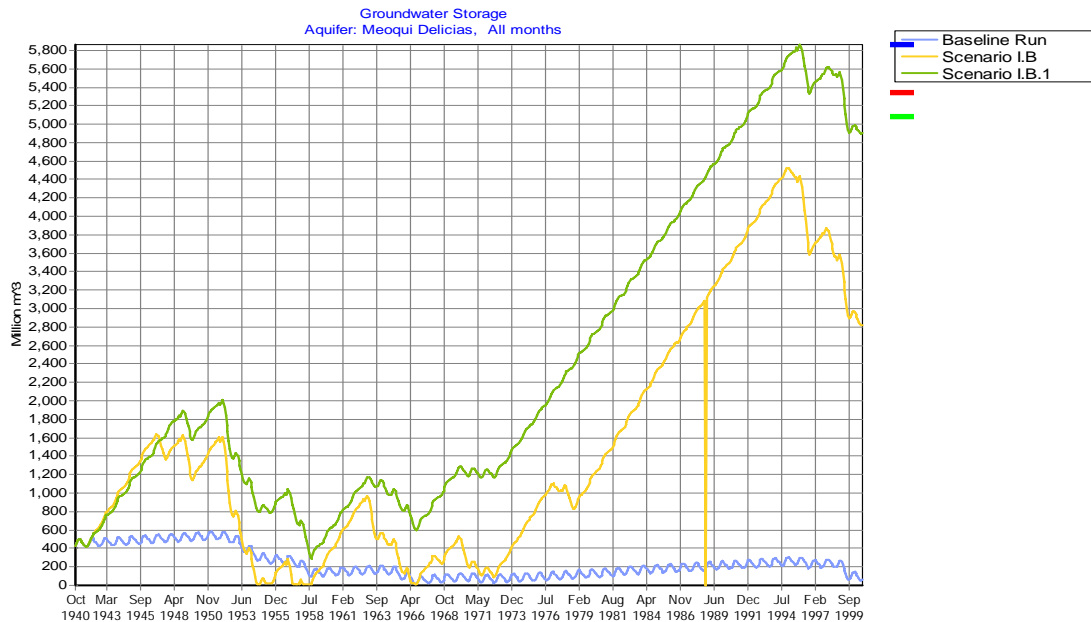


Figura 60. Comparativo del almacenamiento del Acuífero Meoqui, Escenario I.B.1.

De la Figura 60 es importante resaltar dos cosas. Primero, al final del periodo de análisis el almacenamiento del acuífero Meoqui para el Escenario I.B.1 es mayor que en el escenario de referencia Baseline Run y que en el Escenario I.B, lo que indica una mayor cantidad de agua disponible del Escenario I.B.1 con respecto al Baseline Run y al Escenario I.B. Segundo, para este escenario no se vació el acuífero Meoqui (Figura 64), como ocurrió en el Escenario I.B, por lo que el Escenario I.B.1 muestra una mejor factibilidad hidrológica con respecto al escenario de referencia y al Escenario I.B

La cantidad de agua depositada en el banco de agua a lo largo del periodo de análisis fue de 7678.4 hm³, cantidad que representa un banqueo de agua durante 45 años y un deposito promedio de 170.6 hm³/año; la cantidad de agua extraída de la cuenta del banco por el DR-005 Delicias fue de 3249.4 hm³, a lo largo de 14 años, con una extracción de 232.1 hm³/año; por lo que se presento un **saldo positivo de 4429.1 hm³** (Tabla 59).

Tabla 59. Agua Banqueada, y extraída del Banco, Escenario I.B.

	Volumen (hm3)	Periodo (años)
Agua Banqueada	7678.4	45.0
Agua Extraída del Banco	3249.4	14.0
Deficit/Superavit	4429.1	

La figura 61 muestra el almacenamiento del acuífero Meoqui en el Escenario I.B.1 y el almacenamiento del banco de agua subterránea.

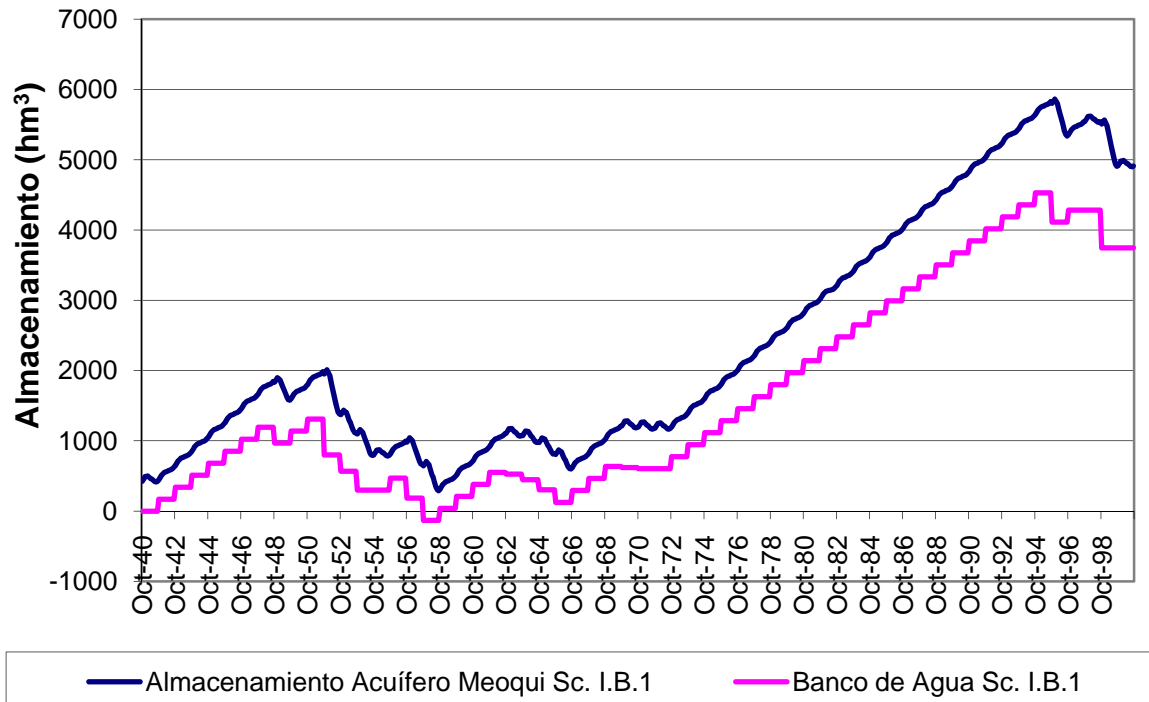


Figura 61. Almacenamiento y Banco de Agua del Acuífero Meoqui, Escenario I.B.1.

Criterios de desempeño

La Tabla 60 y Figura 62 muestran la confiabilidad para los distritos de riego. La Tabla 61 y Figura 63 muestran la confiabilidad para los usos Público-Urbanos

Tabla 60. Confiabilidad para distritos de riego, Escenario I.B.1.

Distrito de Riego	Concesión (hm ³ /año)	Confiabilidad (%)	
		Baseline Run	Escenario I.B.1
DR-005 Delicias	906.1	76.5	100.0
DR-025 Bajo Rio Bravo	861.0	97.4	97.6
DR-090 Bajo Rio Conchos	85.0	100.0	100
WMS 8 Agriculture A	374.3	22.5	22.9
WMS 9-13 Agriculture A	1427.2	22.5	22.9

Tabla 61. Confiabilidad para usos público-urbanos, Escenario I.B.1.

Uso Público-Urbano	Concesión	Confiabilidad (%)
--------------------	-----------	-------------------

	(hm ³ /año)	Baseline Run	Escenario I.B.1
Matamoros	48.0	100.0	100.0
Nuevo Laredo	36.1	100.0	100.0
Piedras Negras	36.0	100.0	100.0
Reynosa	67.0	100.0	100.0
Brownsville	51.5	100.0	100.0
Eagle Pass	9.5	100.0	100.0
Laredo	52.7	100.0	100.0
McAllen	0.8	100.0	100.0
WMS 9-13 Municipal	201.5	100.0	100.0

Para los distritos de riego que presentaron una confiabilidad menor al 100%, se calcularon los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo para cada una de estas concesiones.

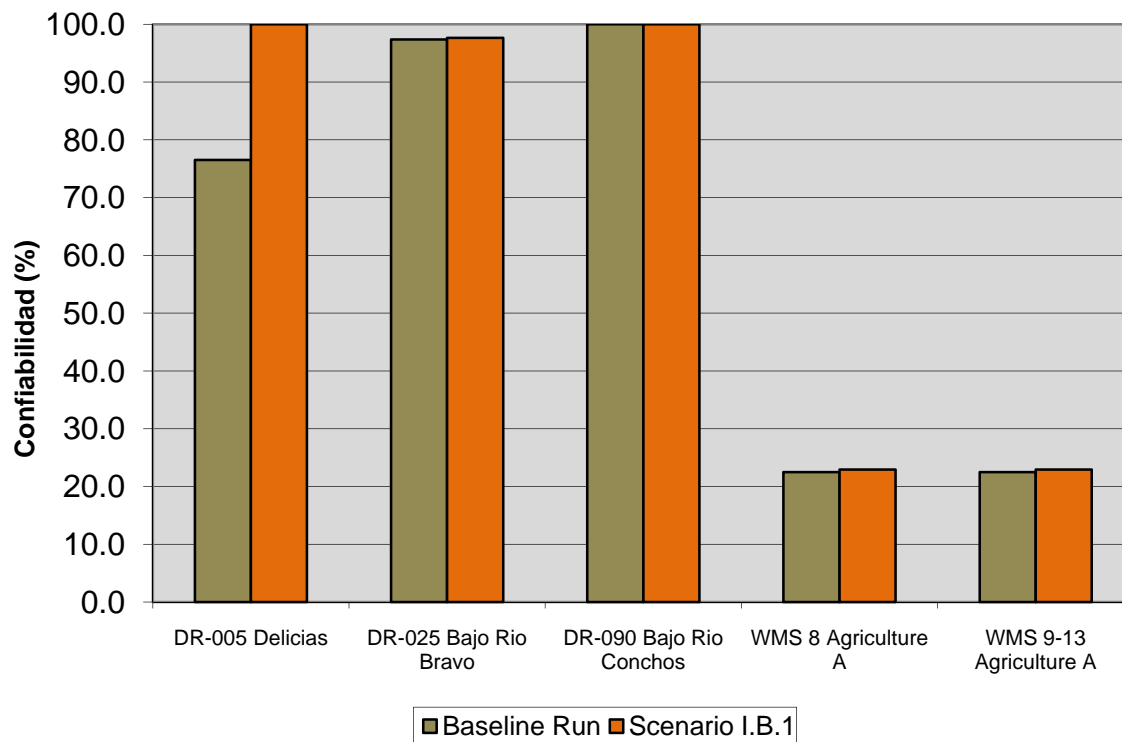


Figura 62. Confiabilidad para distritos de riego, Escenario I.B.1.

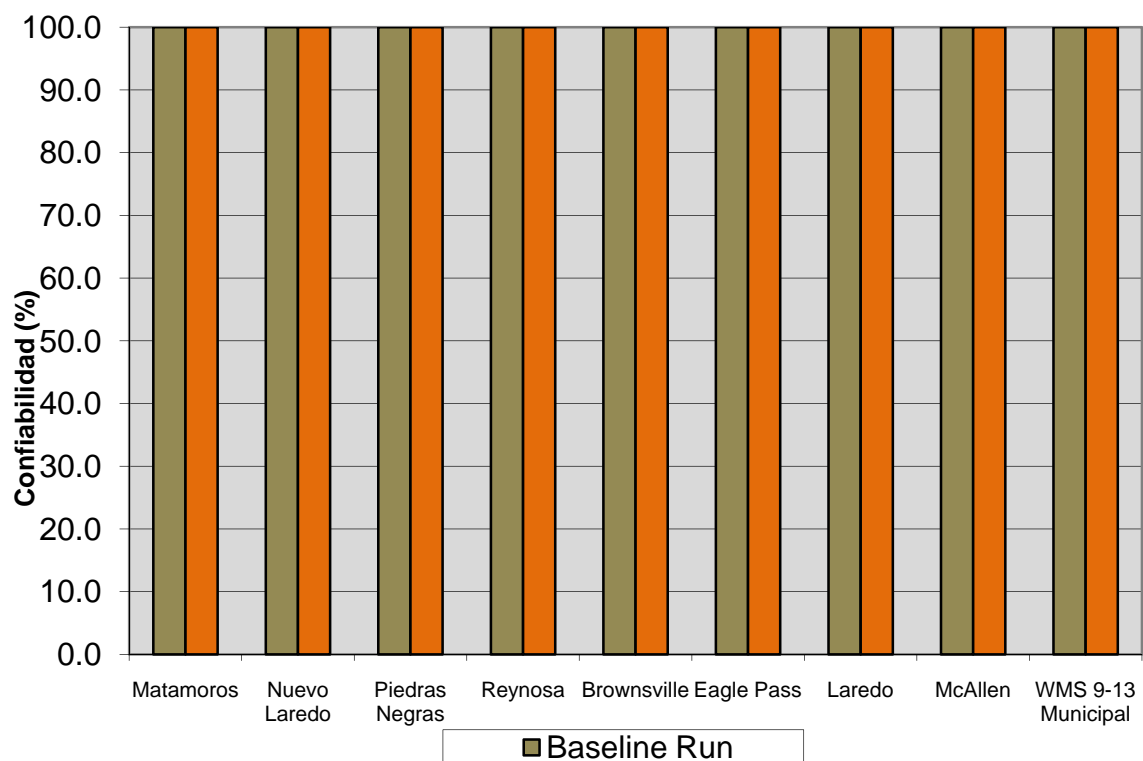


Figura 63. Confiabilidad para usos Público-Urbanos, Escenario I.B.

La Tabla 62 y Figura 64 muestran los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo experimentado para los distritos de riego.

Tabla 62. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y déficit máximo para los distritos de riego que presentaron déficit en su concesión, cuenta Escenario I.B.1.

	DR-005		DR-025		WMS 8 "A"		WMS 9-13 "A"	
	BR	I.B.1	BR	I.B.1	BR	I.B.1	BR	I.B.1
Total de periodos	720	720	720	720	720	720	720	720
Periodos con Déficit	169	0	20	17	554	556	554	556
Confiabilidad (%)	76.5%	100.0%	97.2%	97.6%	23%	23%	23%	23%
Periodos regresando de un déficit	6	0	5	4	15	13	15	13
Resiliencia (%)	4%	N/A	25%	24%	3%	2%	3%	2%
Volumen de déficit (hm ³)	2912.5	0.0	966.5	749.2	6866.0	6762.8	26182.9	25789.3
Vulnerabilidad* (%Concesión/mes)	2%	N/A	6%	5%	3%	3%	49%	48%
Déficit Máximo* (%Concesión)	7%	0%	14%	13%	10%	9%	10%	9%
Concesión (hm³/año)	906.1	673.0	861.0	861.0	374.3	374.3	1427.2	1427.2

* Porcentajes obtenidos con respecto al volumen de concesión¹.

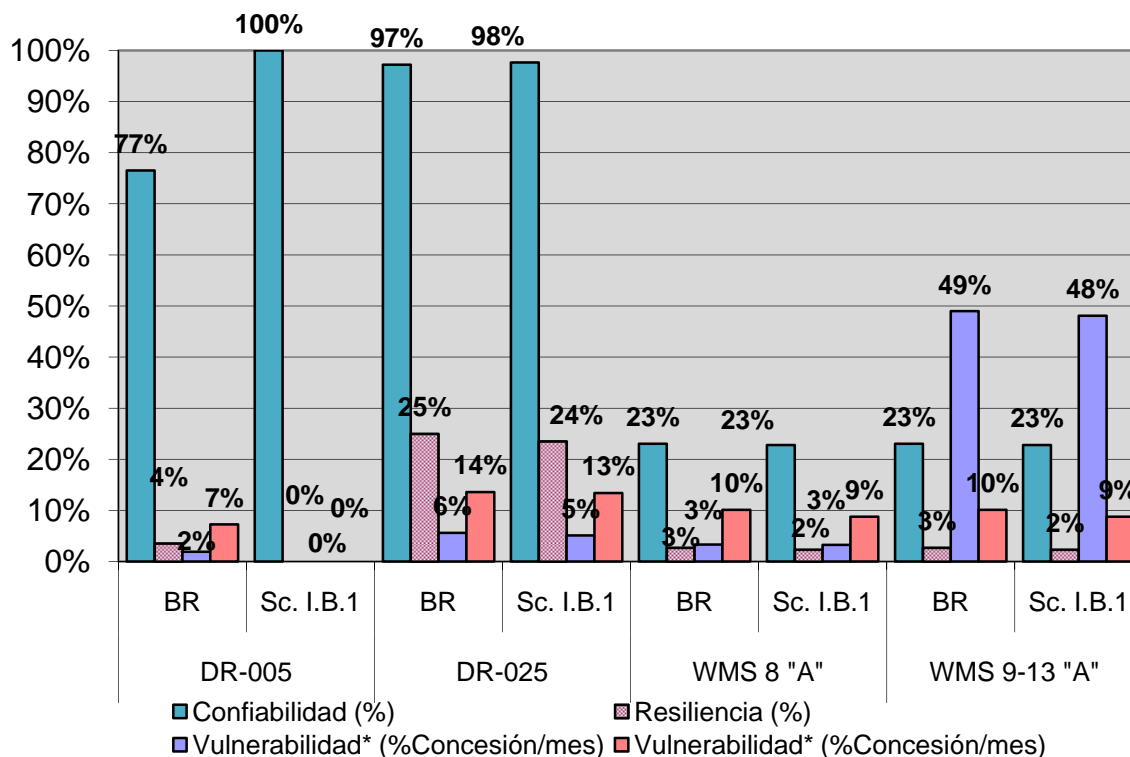


Figura 64. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y Déficit Máximo para los distritos de riego que presentaron déficit en su concesión, cuenta Escenario I.B.1.

De estos resultados se puede observar que el distrito de riego DR-005 Delicias presenta un beneficio substancial al incrementar su confiabilidad de 76.5 a 100%. Prácticamente, los demás distritos de riego no presentaron cambios en su confiabilidad, resiliencia, vulnerabilidad o en el déficit máximo.

Debido a que no se presentó ningún déficit en la concesiones para los usos Público-Urbanos, no se calcularon los índices de vulnerabilidad y resiliencia.

Presas

La Tabla 63 muestra el Almacenamiento medio mensual, mínimo y máximo para las presas seleccionadas. La Figura 65 muestra estos resultados como porcentaje del NAMO de cada una de las presas.

Tabla 63. Comparativo del Almacenamiento Medio Mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presas La Boquilla, F. Madero, Luís L. León, Amistad y Falcon, cuenta Escenario I.B.1.

Presa	Cuenta	NAMO (hm ³)	Media (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
-------	--------	-------------------------	-----------	------------	------------

Amistad	BR	3887	87%	36%	116%
	Sc. I.B.1		86%	36%	116%
F. Madero	BR	348	58%	9%	100%
	Sc. I.B.1		59%	13%	100%
Falcon	BR	3273	82%	35%	107%
	Sc. I.B.1		81%	35%	107%
La Boquilla	BR	2903	59%	9%	100%
	Sc. I.B.1		54%	13%	100%
Luis L. León	BR	356	108%	52%	140%
	Sc. I.B.1		108%	51%	140%

Las presas La Boquilla, Amistad y Falcon presentaron una reducción en su almacenamiento medio mensual de 59 a 54%, de 87 a 86% y de 82 a 81%, con respecto al NAMO de cada presa, Las presa Luís L. León no presento cambio en su almacenamiento medio, presentando en ambos escenarios un 108% de almacenamiento con respecto a su NAMO. Por el contrario, la presa F. Madero presento un ligero incremento en su almacenamiento medio, pasando de 58 a 59%, con respecto a su NAMO.

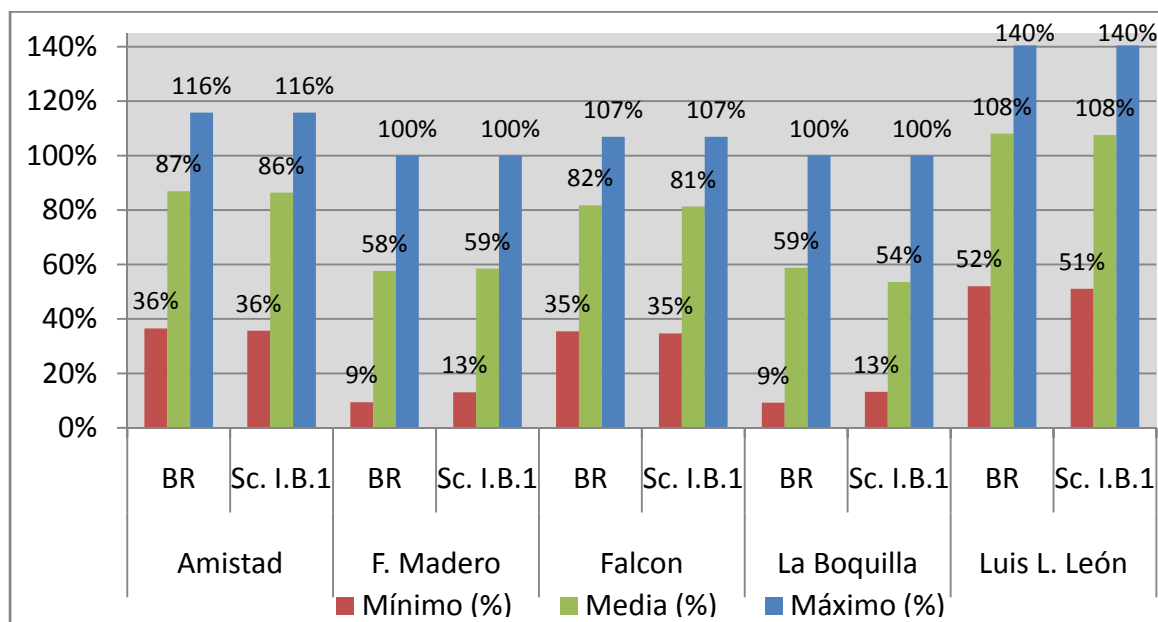


Figura 65. Comparativo del Almacenamiento Medio Mensual y Máximo para la presas La Boquilla, F. Madero, Luís L. León, Amistad y Falcon cuenta Escenario I.B.1.

Debido al banqueo de agua a través del método *In Lieu*, las presas La Boquilla presento una disminución en su almacenamiento promedio, pasando de 59 a 54% con respecto al NAMO. Por el contrario, la presa F. Madero presento un ligero incremento en su almacenamiento medio, pasando de 58 a 59%, con respecto a su NAMO. La Figura 66 y Figura 67 muestran el comparativo del almacenamiento entre el escenario de referencia Baseline Run y el Escenario I.B.1 de estas dos presas.

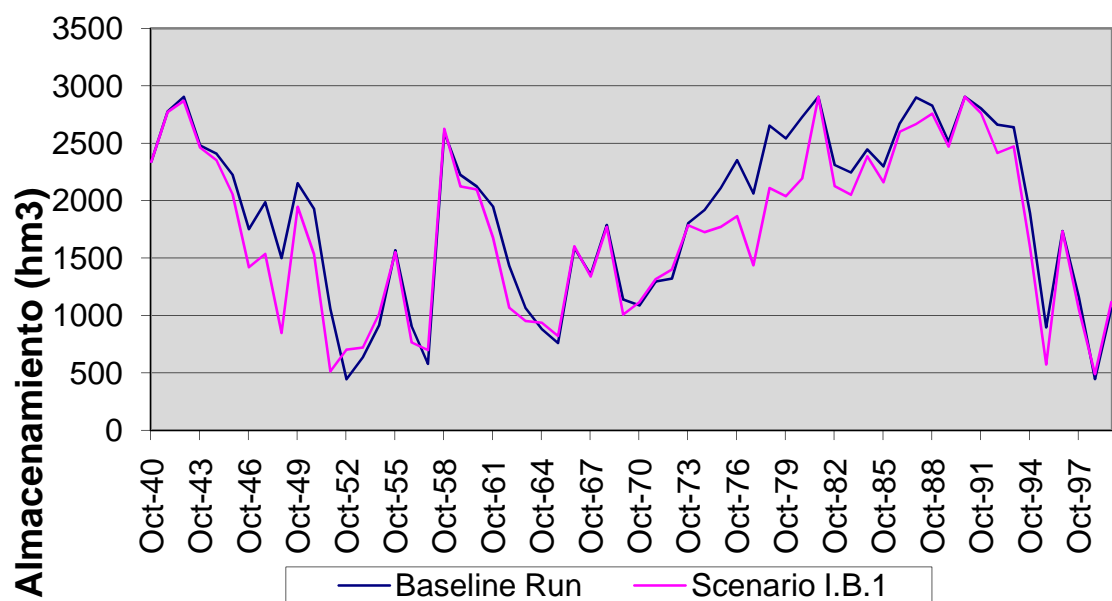


Figura 66. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa La Boquilla, Baseline Run Vs. Escenario I.B.1.

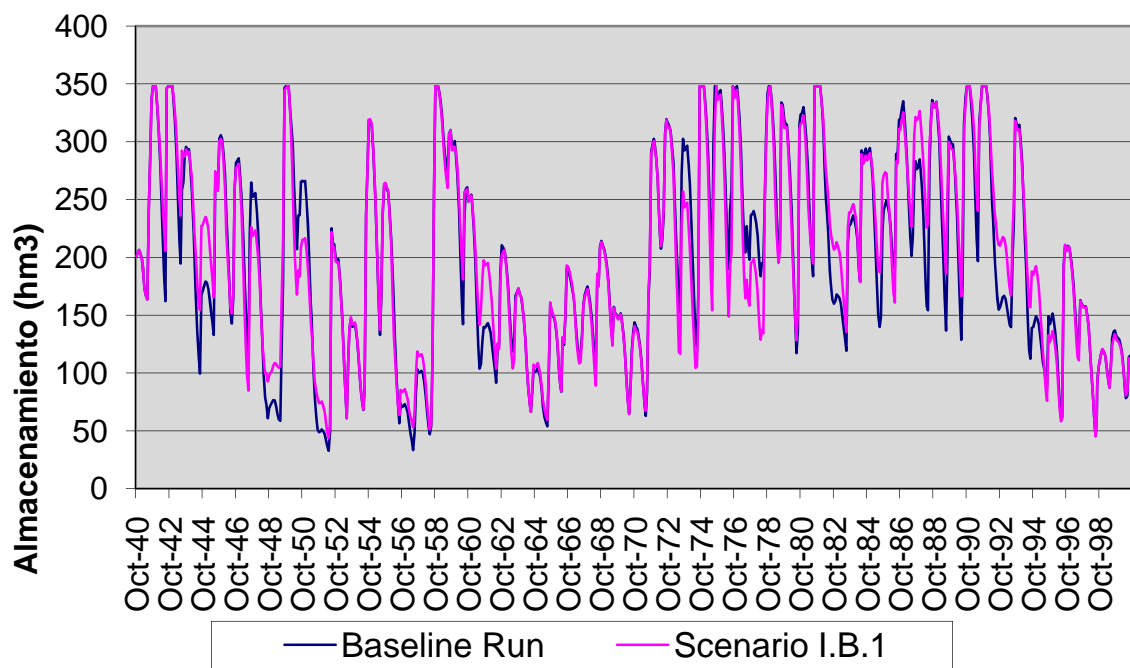


Figura 67. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa F. Madero, Baseline Run Vs. Escenario I.B.1.

El almacenamiento en las presas Amistad, Falcon y Luís L. León no presentan cambios significativos en su almacenamiento, como se muestra en la Figura 68, Figura 69 y Figura 70, respectivamente.

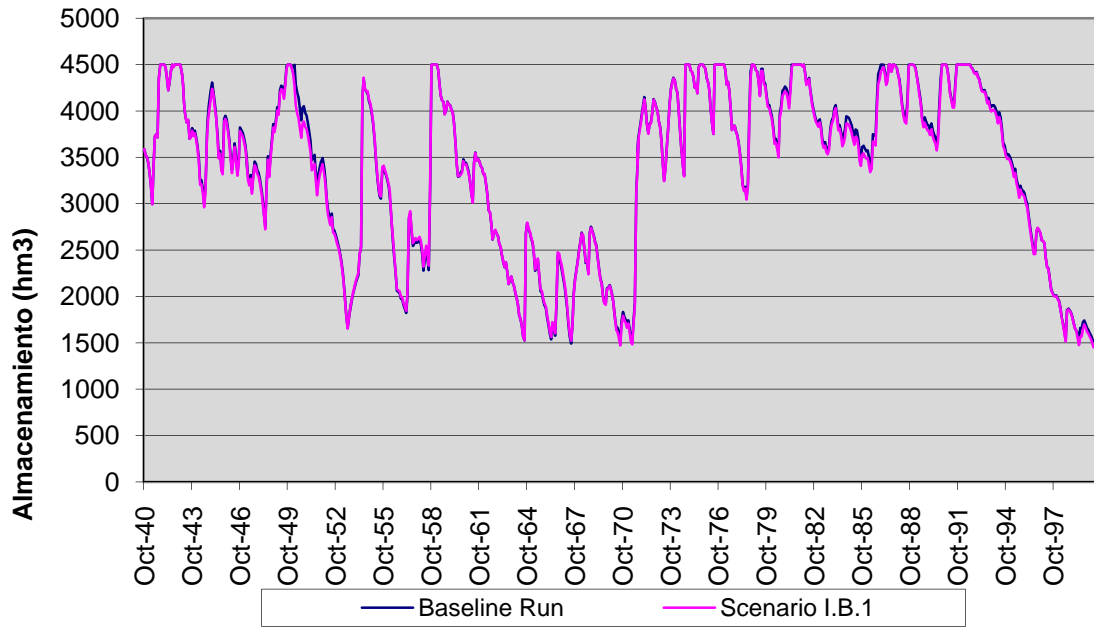


Figura 68. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Amistad, Baseline Run Vs. Escenario I.B.1.

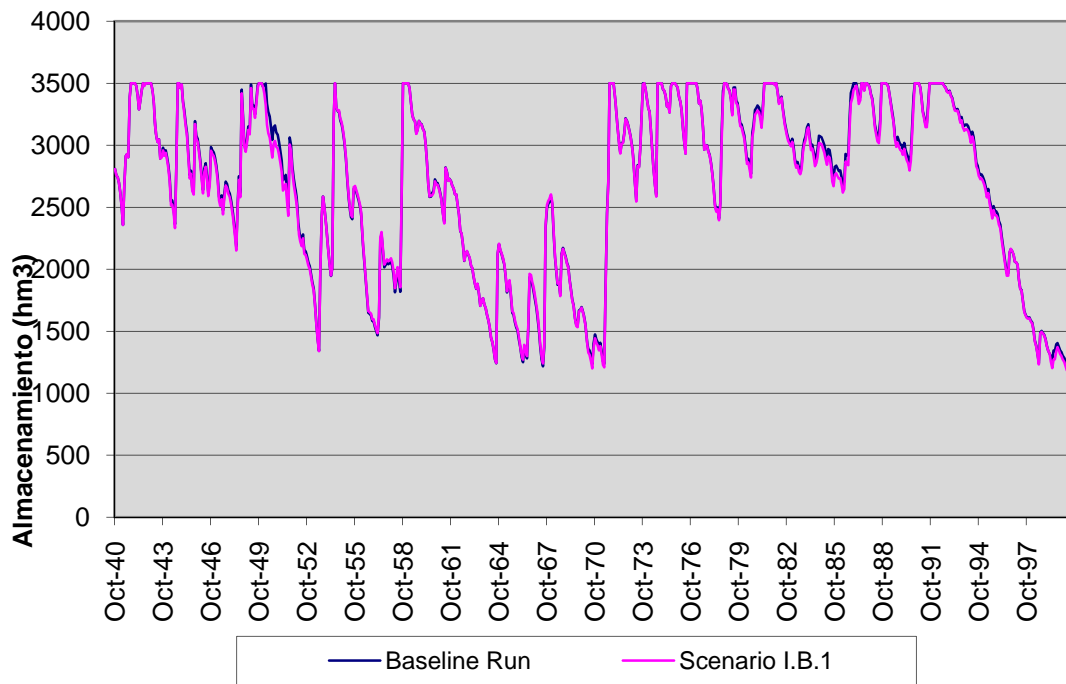


Figura 69. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Falcon, Baseline Run Vs. Escenario I.B.1.

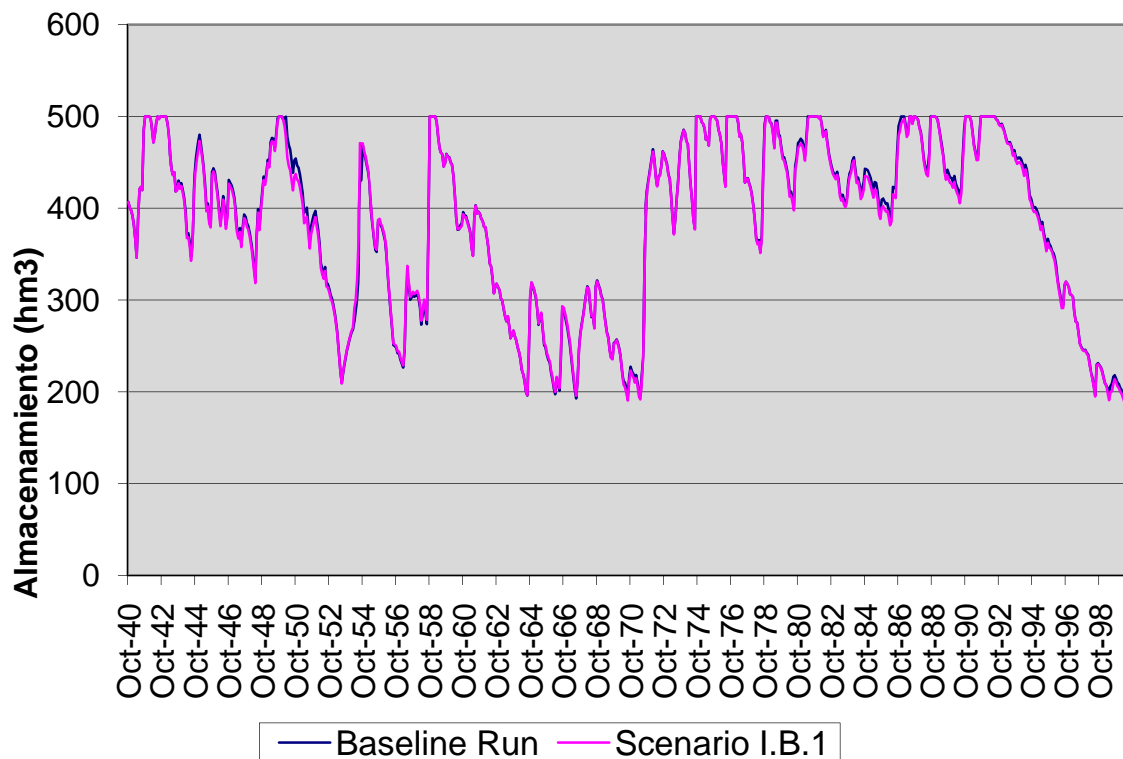


Figura 70. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Luís L. León, Baseline Run Vs. Escenario I.B.1.
Cociente In Lieu para una secuencia de 5 años Normales

El *cociente in lieu* es un parámetro que relaciona el incremento de almacenamiento en el acuífero comparado con el decremento de almacenamiento de agua superficial en las presas.

$$in\ lieu\ ratio = \frac{\text{decremento en volumen de almacenamiento en presas}}{\text{incremento en volumen de almacenamiento en acuífero}} \quad [10]$$

El *cociente in lieu* es el cociente que resulta de dividir el incremento en el volumen de almacenamiento en el acuífero entre el decremento en el almacenamiento de agua superficial en las presas (para mayor referencia ver el apartado de *Resultados/Cociente In lieu* del reporte del Escenario I.B.).

La Tabla 64 presenta el cociente *in lieu* para una secuencia de 5 años normales con 4 años normales de simulación. Los resultados muestran que el *cociente in lieu* es mayor que uno (≈ 2.26) al final del primer año de simulación. Esto significa que una mayor cantidad de agua es almacenada en el acuífero que la reducción de agua superficial almacenada en las presas (La Boquilla, F. Madero y Luís L. León). La combinación de la reducción de los volúmenes de concesión a través del programa PADUA y el método de banco de agua *in lieu* provocaron que el Escenario I.B.1 fuera hidrológicamente factible al finalizar el primer año, un año antes que en el Escenario I.B.

Tabla 64. Cociente In Lieu para una secuencia de 5 años Normales, Esc I.B.1.

Año de Simulación	Decremento del almacenamiento en presas (hm3)	Incremento del Almacenamiento en el Acuífero (hm3)	Cociente <i>In Lieu</i>
0	0.00	0.00	-----
1	-83.77	188.96	2.26
2	-147.61	377.92	2.56
3	-168.66	566.88	3.36
4	-222.48	755.84	3.40

Impacto y distribución del agua banqueada dentro de la cuenca del Río Conchos.

De manera local, la aplicación en conjunto de ambas políticas ha mejorado el manejo de agua en la cuenca del Río Conchos, maximizando el uso del agua. Bajo cualquier condición, es recomendable el uso de ambas políticas debido a que más agua es depositada en el banco que la disminución de agua superficial almacenada en las presas (*cociente in lieu*>1). Bajo condiciones húmedas, es menos probable que sucedan derrames porque más agua superficial es utilizada que agua subterránea (Escenario I.B.2-3). Solo el DR005 Delicias está sujeto a déficits porque su concesión de agua (941.587 hm³/año de agua superficial y 188.959 hm³/año de agua subterránea) es considerablemente grande; además que el DR-005 comparte el uso de la presa La Boquilla con la ciudad de Camargo. Para el DR-090 Bajo Río Conchos es poco probable que presente déficits en su extracción porque su concesión de agua es relativamente pequeña (84.99 hm³/año e agua superficial) y está ubicado en la salida cuenca.

Dentro de la cuenca del Río Conchos, el agua banqueada puede ser utilizada principalmente por los siguientes usuarios: DR-005 Delicias, DR-090 Bajo Conchos, Urderales Meoqui-Delicias y Urderales Bajo Río Conchos. En la **Tabla 65** se muestran las fuentes de abastecimiento y el volumen de concesión de estos usuarios.

Tabla 65. Concesiones de los usuarios beneficiarios del Escenario I.B.1 en la Cuenca del Río Conchos.

Usuario	Fuente de Extracción	Concesión (hm3/año)
DR-090 Bajo Conchos	Río Conchos	84.990
DR-005 Delicias (Agua Superficial)	Río Conchos y San Pedro	941.587
Urderales Meoqui Delicias	Acuífero Meoqui	220.861
Urderales Bajo Río Conchos	Acuífero "Bajo Río Conchos"	10.930

Una vez que el agua banqueada ha sido extraída del acuífero Meoqui, el agua estará sujeta a pérdidas por infiltración en los canales, evaporación en corrientes, evapotranspiración, e infiltración (Danner, McKinney y Teasley). La suma de todas estas pérdidas por tramo será referida como perdidas por conducción (*Losses*). La eficiencia de i-ésimo tramo (*RE_i*) será igual a la unidad menos las pérdidas por conducción por tramo.

La Figura 71 muestra la eficiencia de conducción por tramo considerado en la Cuenca del Río Conchos.

$$RE_i = 1 - Losses \quad [12]$$

La eficiencia en la conducción será el producto de todas las eficiencias (RE_i) a lo largo del trayecto del agua hasta llegar a su destino. Físicamente, la eficiencia en la conducción es el porcentaje de agua que llega hasta la concesión después de haber sufrido todas las pérdidas.

$$DE_{Total} = RE_1 * RE_2 * ... * RE_i \quad [13]$$

Las eficiencias para los tramos y corrientes principales en la cuenca del Río Conchos son mostradas en la Figura 72.

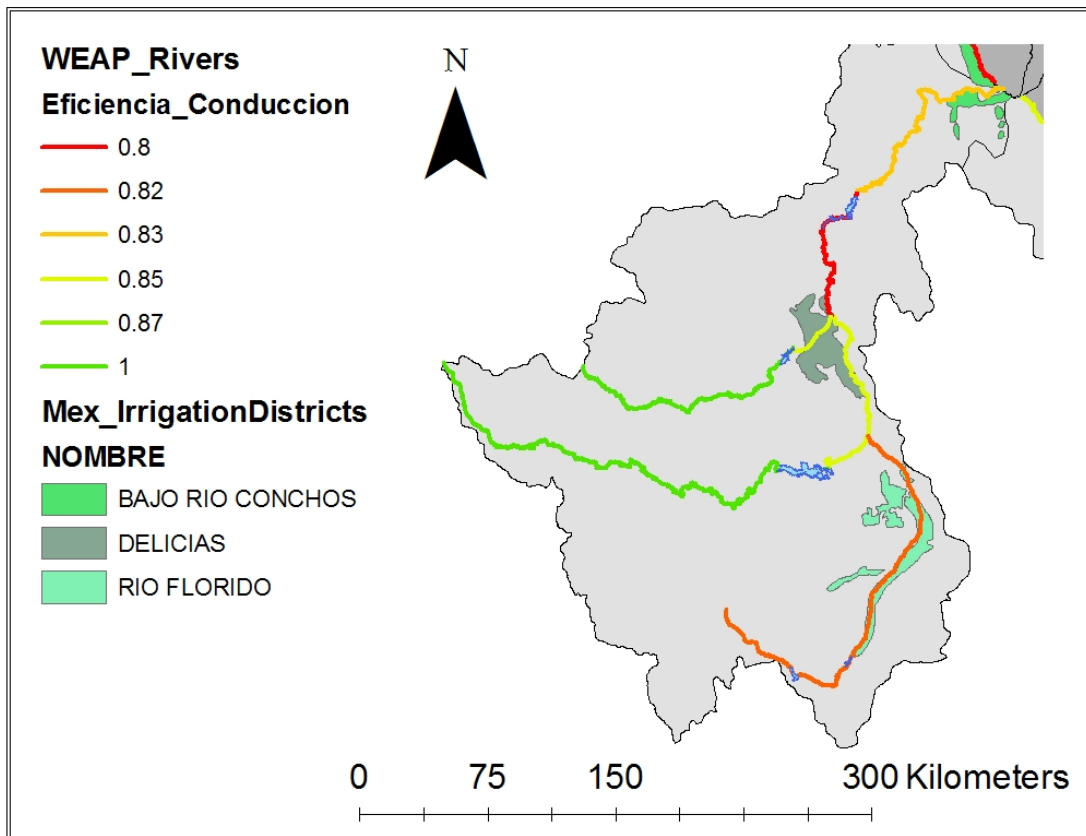


Figura 71. Eficiencia de conducción por tramo de cauce para la cuenca del Río Conchos.

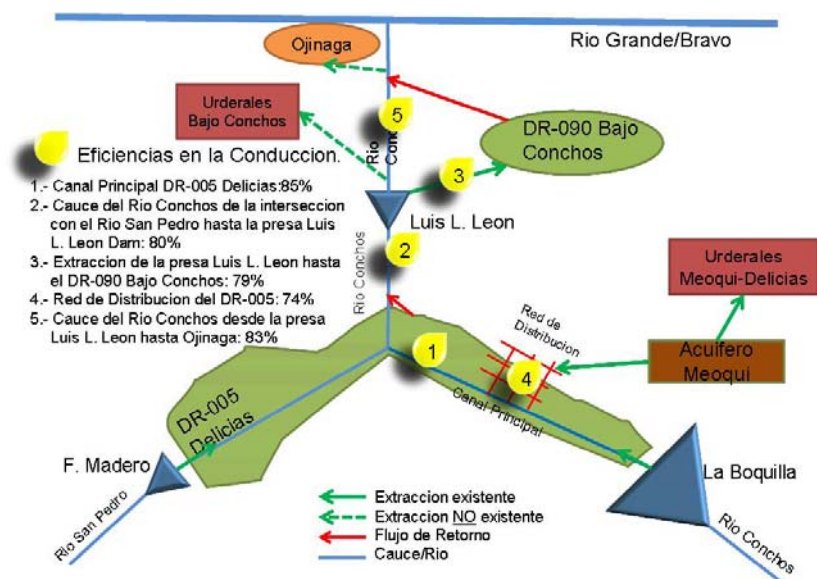


Figura 72. Esquema de las eficiencias de conducción por tramo en la cuenca del Río Conchos.

La relación de Unidades de Agua Bombeadas por Unidad de Agua Recibida (UAB por UAR) es obtenida dividiendo la unidad entre la eficiencia en la conducción. Este cociente es un buen parámetro comparativo para cuantificar por cada unidad entregada de agua, cuantas unidades de agua deben ser bombeadas del acuífero Meoqui (UAB por UAR). La Figura 73 y la Tabla 66 muestran un resumen relacionando el agua bombeada del acuífero Meoqui comparada con el agua recibida para los potenciales beneficiarios.

Tabla 66. Relación de Unidades de Agua Bombeada por Unidad de Agua Recibida (UAB por UAR) dentro de la cuenca del Río Conchos.

Envío de Agua bombeada desde el Acuífero Meoqui a:	Tramos	Eficiencia de Conducción	Relación de Unidades de Agua Bombeada por Unidades de Agua Recibida
DR-090 Bajo Conchos	1,2,3	53.72%	1.861:1
DR-005 Delicias	1,4	62.90%	1.590:1
Urderales Meoqui Delicias	---	100.00%	1.000:1
Urderales Bajo Río Conchos	1,2,5	53.72%	1.772:1
Ojinaga	1,2,5	56.44%	1.772:1

- 1.- Eficiencia en la conducción del canal principal del DR-005 Delicias: 85%
- 2.- Eficiencia del cauce del Río Conchos desde su intersección con el Río San Pedro hasta la presa Luis L. León: 80%.
- 3.- Eficiencia en la extracción de la presa Luis L. León hasta el DR-090 Bajo Conchos: 79%.
- 4.- Eficiencia en la red de distribución del DR-005 Delicias: 74%.
- 5.- Eficiencia del tramo de cauce del Río Conchos aguas debajo de la presa Luis L. León hasta Ojinaga: 83%.

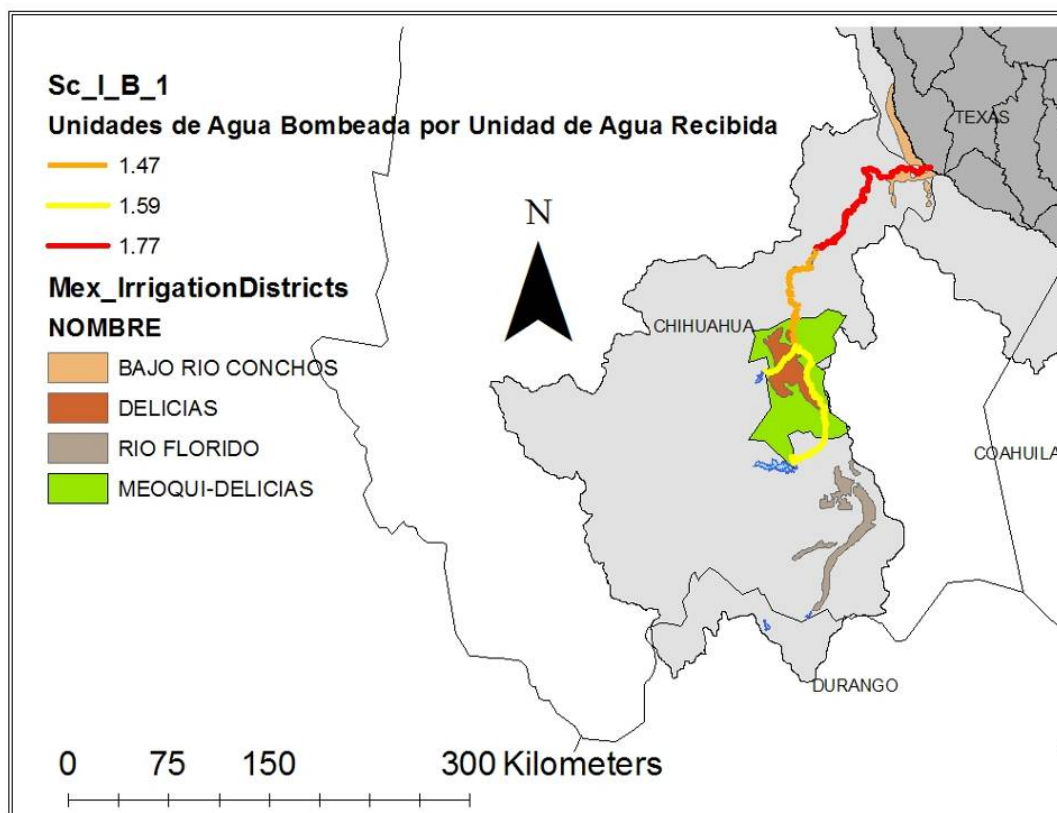


Figura 73. Unidades de Agua Bombeada por Unidad de Agua Recibida dentro de la cuenca del Río Conchos.

Para el DR-090, considerando que el agua es bombeada y vertida directamente al canal principal del DR-005 Delicias, que fluye aguas abajo por el Río Conchos hasta llegar a la Presa Luís L. León, (sin considerar las pérdidas por evaporación en la presa) Y finalmente siendo extraída hacia el DR-090 Bajo Conchos, por cada unidad de agua entregada 1.86 unidades de agua deberán ser bombeadas del acuífero Meoqui^v.

Para el DR-005 Delicias, el agua bombeada puede ser utilizada para cubrir los déficits en su concesión de agua superficial. Considerando que el agua es bombeada y vertida directamente en el canal principal, por cada unidad de agua recibida, 1.59 unidades de agua deben ser bombeadas del acuífero Meoqui^{vi}.

Para los Urderales Meoqui-Delicias, la única posibilidad de obtener un beneficio del agua bombeada será si solo están solicitando una cantidad extra de agua a parte de su concesión, porque este usuario ya es abastecido por el acuífero Meoqui; en cuyo caso, por cada unidad de agua solicitada, una unidad de agua será bombeada del acuífero Meoqui. Si existe un déficit en la concesión de los Urderales Meoqui-Delicias, es probable que no

^v Eficiencia del Canal Principal del DR-005 85%, eficiencia en el tramo del Río Conchos desde la intersección con el Río San Pedro hasta la Presa Luís L. León 80%, y eficiencia en la extracción de la presa Luís L. León hasta el DR-090 79%.

^{vi} Eficiencia en la conducción del Canal principal: 85%; Eficiencia de la red de Distribución: 74%

haya suficiente almacenamiento en el acuífero Meoqui y déficits en el DR-005 también son esperados. Ciertamente en este punto, se ha terminado el agua banqueada.

Para los Urderales Bajo Río Conchos, la única posibilidad de obtener beneficios del agua banqueada será si son construidas las obras de derivación necesarias para extraer el agua del Río Conchos. Considerando que estas instalaciones ya han sido construidas, por cada unidad de agua recibida, 1.77 unidades de agua deberán ser bombeadas del acuífero Meoqui^{vii}.

La ciudad de Ojinaga ubicada aguas abajo del acuífero Meoqui, puede ser beneficiada por el banco de agua. Considerando que el agua es bombeada y vertida directamente en el canal principal del DR-005 y que después se incorpora al cauce del Río Conchos^{viii}, por cada unidad de agua recibida, 1.77 unidades de agua deberán ser bombeadas del acuífero Meoqui.

Impacto y distribución del agua banqueada en toda la Cuenca del Río Grande/ Bravo.

En la Cuenca del Río Conchos se realizó un análisis de la eficiencia en la conducción por tramo. Las eficiencias por tramo fueron obtenidas restando 1 menos las pérdidas por conducción. Los datos de las pérdidas por conducción por tramo fueron provistos por CNA, IBWC, CILA y TCEQ. La **Figura 74** muestra las eficiencias por tramo para la cuenca del Río Grande/Bravo.

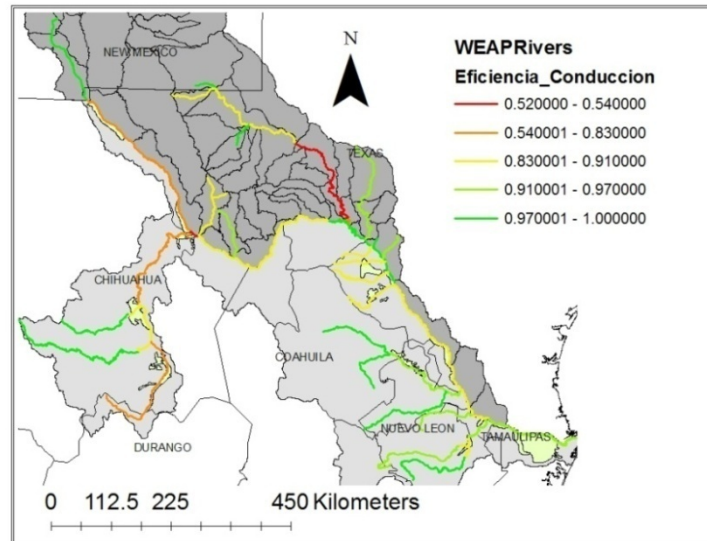


Figura 74. Eficiencia de conducción por tramo de cauce para la Cuenca del Río Grande/Bravo.

^{vii} La eficiencia en la extracción del DR-090 fue utilizada para determinar la relación del agua entregada por unidad de agua bombeada.

^{viii} Eficiencia del Canal Principal del DR-005: 85%, eficiencia del cauce del Río Conchos aguas abajo de la intersección con el Río San Pedro hasta la presa Luís. L. León 80%, y eficiencia aguas debajo de la presa Luís agua León, 83%.

En una perspectiva de cuenca, varios usuarios del agua son elegibles para obtener el agua bombeada. Estos usuarios deben estar localizados aguas abajo del distrito de Riego DR-005 Delicias sobre el cauce del Río Grande/Bravo. La Tabla 67 muestra a los usuarios seleccionados correspondientes al lado mexicano, su volumen de concesión, eficiencia de conducción, y las unidades de agua bombeada por unidad de agua recibida (UAB por UAR). Este último campo fue dividido en tres columnas, las unidades totales de agua bombeadas del acuífero Meoqui para abastecer una unidad de agua al usuario de agua en consideración (cuarta columna), los 2/3 de agua que corresponden a la concesión (quinta columna) y el 1/3 de agua que corresponde a las obligaciones del tratado (sexta columna).

Tabla 67. Relación de Unidades de Agua Bombeada por Unidad de Agua Recibida (UAB por UAR) para concesiones Mexicanas.

Concesión	Volumen (hm3/año)	Eficiencia de Conducción (%)	Unidades de agua:		
			Bombeada	Necesaria	por Tratado
			por Unidad de Agua Recibida		
Ciudad de Acuña	3.00	48.30%	3.1	2.1	1.0
DR-006 Palestina	53.00	48.30%	3.1	2.1	1.0
Ciudad de Piedras Negras	36.00	42.02%	3.6	2.4	1.2
DR-050 Acuña-Falcon	29.00	42.02%	3.6	2.4	1.2
Ciudad de Nuevo Laredo	36.10	36.14%	4.2	2.8	1.4
Ciudad Miguel Alemán	9.00	32.88%	4.6	3.0	1.5
DR-026 Bajo Río San Juan	454.00	31.57%	4.8	3.2	1.6
Ciudad de Reynosa	67.00	29.99%	5.0	3.3	1.7
DR-025 Bajo Río Bravo	861.00	29.99%	5.0	3.3	1.7
Ciudad de Matamoros	48.00	29.99%	5.0	3.3	1.7

Tabla 68. Relación de Unidades de Agua Bombeada por Unidad de Agua Recibida (UAB por UAR) para concesiones de Estados Unidos.

Derecho de Agua	Volumen (hm3/año)	Eficiencia de Conducción (%)	Unidades de agua:		
			Bombeada	Necesaria	por Tratado
			por Unidad de Agua Recibida		
Below Conchos	32.319	49.78%	3.0	2.0	1.0
Water Master Section 1:	1.430	48.30%	3.1	2.1	1.0
Water Master Section 2:	134.190	48.30%	3.1	2.1	1.0
Municipality of Eagle Pass	9.510	42.02%	3.6	2.4	1.2
Water Master Section 3-4:	17.021	42.02%	3.6	2.4	1.2
Municipality of Laredo	52.670	36.14%	4.2	2.8	1.4
Water Master Section 5:	24.995	32.88%	4.6	3.0	1.5
Water Master Section 6:	6.665	32.88%	4.6	3.0	1.5
Water Master Section 7:	6.066	32.88%	4.6	3.0	1.5
Water Master Section 8:	371.126	31.57%	4.8	3.2	1.6
Municipality of McAllen	0.837	29.99%	5.0	3.3	1.7
Water Master Section 9 to 13:	1232.019	29.99%	5.0	3.3	1.7
Municipality of Bronsville	51.538	29.99%	5.0	3.3	1.7

De la misma forma la Tabla 68 muestra los derechos de agua de Estados Unidos seleccionados, su volumen de derecho de agua por año, la eficiencia de conducción y las unidades de agua bombeada por unidad de agua recibida (UAB por UAR). La asignación

para el tratado también es presentada. La Figura 75 muestra un esquema de los resultados para ambas naciones

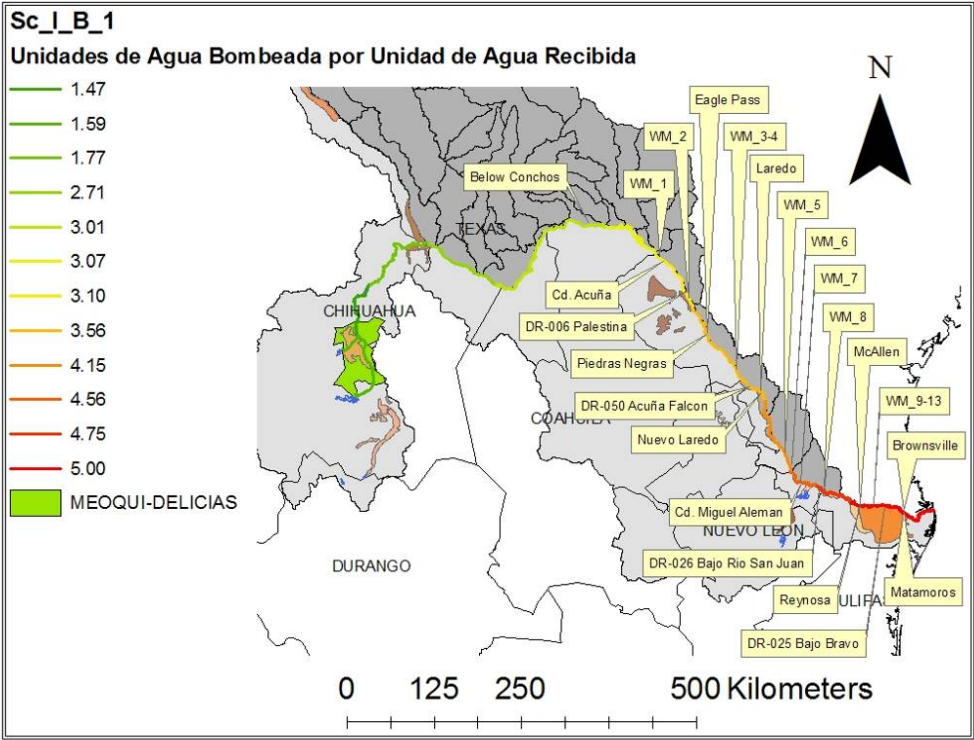


Figura 75. Unidades de Agua Bombeada por Unidad de Agua Recibida en la Cuenca del Río Grande/Bravo.

El envío del agua fue considerado desde el acuífero Meoqui hasta el derecho de agua respectivo sin considerar su almacenamiento en las presas; por esta razón, las pérdidas por evaporación en presas no son consideradas.

Las UAB por UAR para las obligaciones del tratado es de 5.6:1, lo que significa que 5.6 unidades de agua deben ser bombeadas del acuífero Meoqui para que, en la confluencia del Río Conchos con el río Bravo/Grande, lleguen 3 unidades de agua de las cuales, una unidad es destinada a las obligaciones del tratado. La máxima cantidad de agua banqueada por año en el acuífero Meoqui es de 188.959 hm³. Por lo tanto, la máxima cantidad de agua entregada al tratado es de 33.84 hm³, lo que representa el 7.83% de la obligación anual para el tratado (431.721 hm³/año).

Tabla 69. Comparación entre el volumen de concesión y la máxima cantidad de agua banqueada recibida por usuarios Mexicanos.

Concesión	UAB X UAR	Volumen (hm3/año)	Vs.	Máxima cantidad de agua banqueada entregada al:	
				Usuario (hm3)	Tratado (hm3)
DR-005 Delicias	1.6	941.6	>	118.8	NA
Urderales Meoqui Delicias	1.0	220.9	>	189.0	NA

Obligaciones del Tratado	1.9	431.7	>	101.5	NA
DR-090 Bajo Conchos	1.9	85.0	<	101.5	NA
Urderales Bajo Río Conchos	1.9	10.9	<	101.5	NA
Ojinaga	1.8	1.0	<	106.6	NA
Ciudad de Acuña	3.1	3.0	<	60.8	30.4
DR-006 Palestina	3.1	53.0	<	60.8	30.4
Ciudad de Piedras Negras	3.6	36.0	<	52.9	26.5
DR-050 Acuña-Falcon	3.6	29.0	<	52.9	26.5
Ciudad de Nuevo Laredo	4.2	36.1	<	45.5	22.8
Ciudad Miguel Aleman	4.6	9.0	<	41.4	20.7
DR-026 Bajo Río San Juan	4.8	454.0	>	39.8	19.9
Ciudad de Reynosa	5.0	67.0	>	37.8	18.9
DR-025 Bajo Río Bravo	5.0	861.0	>	37.8	18.9
Ciudad de Matamoros	5.0	48.0	>	37.8	18.9
Usuario dentro de la Cuenca del Río Conchos cuya concesión es mayor que el agua banqueada recibida					
Usuario cuya concesión es menor que el agua banqueada recibida					
Usuario fuera de la Cuenca del Río Conchos cuya concesión es mayor que el agua banqueada recibida					

La Tabla 69 muestra una comparación entre la concesión y la entrega de agua del banco para usuarios mexicanos del agua, si la máxima cantidad de agua banqueada por año (188.959 hm³/año) fuese entregada en su totalidad a cada usuario.

Considerando a los usuarios de Estados Unidos, la Tabla 70 muestra una comparación de la cantidad de agua que sería abastecida a los usuarios de Estados Unidos, si la máxima cantidad de agua banqueada (188.959 hm³/año) fuera asignada a cada uno de ellos por un año.

Tabla 70. Comparación entre el volumen de concesión y la máxima cantidad de agua banqueada recibida por usuarios de Estados Unidos.

Concesión	UAB X UAR	Volumen (hm3/año)	Vs.	Máxima cantidad de agua banqueada entregada al:	
				Usuario (hm3)	Tratado (hm3)
Below Conchos	3.0	32.3	<	62.7	31.4
Water Master Section 1:	3.1	1.4	<	60.8	30.4
Water Master Section 2:	3.1	134.2	>	60.8	30.4
Municipality of Eagle Pass	3.6	9.5	<	52.9	26.5
Water Master Section 3-4:	3.6	17.0	<	52.9	26.5
Municipality of Laredo	4.2	52.7	>	45.5	22.8
Water Master Section 5:	4.6	25.0	<	41.4	20.7
Water Master Section 6:	4.6	6.7	<	41.4	20.7
Water Master Section 7:	4.6	6.1	<	41.4	20.7
Water Master Section 8:	4.8	371.1	>	39.8	19.9
Municipality of McAllen	5.0	0.8	<	37.8	18.9
Water Master Section 9 to 13:	5.0	1232.0	>	37.8	18.9
Municipality of Bronsville	5.0	51.5	>	37.8	18.9
Usuario cuya concesión es menor que el agua banqueada recibida					
Usuario fuera de la Cuenca del Río Conchos cuya concesión es mayor que el agua banqueada recibida					

Para los usuarios de Estados Unidos, existe un beneficio extra debido a las obligaciones del tratado. Por ejemplo, la municipalidad de Laredo tiene una concesión de agua de 55.67 hm³ que puede ser parcialmente abastecida por los 2/3 de agua banqueada asignada a este derecho de agua (45.521 hm³) y el volumen restante puede ser cubierto por el 1/3 de agua del tratado.

Mientras que para los usuarios mexicanos ubicados en el cauce del Río Bravo solo se tiene disponible 2/3 partes del agua enviada debido a las reglas del tratado, los usuarios de Estados Unidos pueden utilizar el 1/3 de agua adicional.

Considerando el marco Legal, la Ley de Aguas Nacionales (LAN) especifica la revocación de las concesiones si el derecho de agua es transmitido provisionalmente, completa o parcialmente a una tercera parte sin el permiso de la autoridad (CNA)^{ix}. La LAN, establece que los usuarios de agua pueden temporalmente transmitir su derecho de agua a la CNA bajo ciertas circunstancias, tales como; sequía extrema, sobreexplotación de acuíferos o estados similares de emergencia^x. Además, la LAN establece restricciones para el uso del agua en caso de que afecte tratados internacionales, el cual es nuestro caso. En vez de afectar, el Escenario I.B.1, beneficiara el cumplimiento de las obligaciones internacionales en futuras condiciones de sequía. Un acuerdo entre la CNA y el DR-005 Delicias debe llevarse a cabo para poner en práctica lo establecido en el Escenario I.B. y I.B.1. Los usuarios del DR-005 Delicias, deben solicitar permiso a la CNA para interrumpir temporalmente su concesión de agua subterránea y utilizar a cambio agua superficial; mientras que la CNA debe asegurar la restitución de su concesión de agua subterránea en caso de sequía. La posibilidad de obtener una cantidad extra de agua del banco durante periodos de sequía puede estimular a los usuarios de agua subterránea para cambiarse a este método.

En la LAN, no existe un marco legal para enviar agua a usuarios extranjeros, excepto por lo ya establecido en el tratado de 1944 entre México y Estados Unidos. Sin embargo, si existiera esta posibilidad, los usuarios de Estados Unidos deberían solicitar a la CNA agua del banco y la CNA evaluaría la posibilidad de enviar el agua a estos usuarios. Además, la CNA, deberá determinar el costo por el envío del agua.

Conclusiones

La aplicación del Escenario I.B.1 beneficia de forma sustantiva al DR-005 Delicias, ya que bajo estas condiciones no presento déficit en su volumen de extracción en todo el periodo de análisis. Los distritos de riego DR-025 Bajo Río Bravo, WMS 8 Agriculture “A” y WMS 9-13 Agriculture “A” presentaron un ligero incremento en su extracción y en

^{ix ix} Ley de Aguas Nacionales. Capitulo III Bis Suspensión, Extinción, Revocación, Restricciones y Servidumbres de la Concesión, Asignación, o Permiso Provisional para el Uso del Agua y de Permiso de Descarga; Sección Tercera, Revocación, Artículo 29 BIS 4, fracción XI y XV.

^x Ley de Aguas Nacionales. Capitulo III Bis Suspensión, Extinción, Revocación, Restricciones y Servidumbres de la Concesión, Asignación, o Permiso Provisional para el Uso del Agua y de Permiso de Descarga; Sección Segunda, Artículo 29 Bis 3, Fracción VI, Párrafo 7 y 8.

la confiabilidad de cada concesión, con respecto a la cuenta Baseline Run. De igual forma, los usos Público-Urbanos no presentaron cambio alguno, presentando una extracción del 100%. La aplicación conjunta del banqueo de agua con la compra permanente de derechos de agua generan las condiciones para no afectar a los usuarios aguas abajo de donde se aplica esta política de uso del agua, teniendo como beneficio la disponibilidad de agua en el banco, que en el Escenario I.B.1 fue otorgado al DR-005 Delicias.

En lo referente a las obligaciones del tratado de 1944, el Río Conchos es el único afluente que se ve afectado por este escenario. Aunque el escurrimiento promedio anual fue disminuido con respecto al escenario de referencia Baseline Run; el escurrimiento mínimo anual experimentado en el Escenario I.B.1 fue mayor que en el escenario de referencia, debido a que se tiene una mayor disponibilidad de agua provocada por el banco de agua. A su vez, también se presentó una disminución en el volumen de escurrimiento máximo, lo que indica que una menor cantidad de agua será derramada cuando se presenten periodos húmedos. La combinación de estos tres resultados es positiva por sí misma, ya que el escurrimiento promedio se disminuyó muy poco, el escurrimiento mínimo se incrementó y el escurrimiento máximo se disminuyó, teniendo disponibilidad de agua debido al banco de agua subterránea.

En lo concerniente a los almacenamientos, las presas La Boquilla, Amistad y Falcon presentaron una disminución en su almacenamiento medio mensual. Esto representa que bajo condiciones normales se tiene en promedio una menor cantidad de agua almacenada. En época de sequía, se tiene el mismo volumen de agua en las presas y en periodos húmedos se tiene un menor nivel de agua en estas presas. La presa Luís L. León no presentó ningún cambio debido a la aplicación del banqueo de agua y la presa F. Madero presentó un incremento en su almacenamiento medio.

El acuífero Meoqui presentó un incremento en su almacenamiento de 1000% con respecto a la cuenta Baseline Run. Al final del periodo de análisis, el almacenamiento del acuífero Meoqui para la cuenta Escenario I.A (4908.1 hm^3) fue mayor que en el escenario de referencia Baseline Run (59.4 hm^3), lo que representa un balance positivo del agua disponible del Escenario I.B.1 con respecto al Baseline Run. La cantidad de agua depositada en el banco de agua a lo largo del periodo de análisis fue de 7678.4 hm^3 , cantidad que representa un banqueo de agua durante 45 años y un depósito promedio de $170.6 \text{ hm}^3/\text{año}$; la cantidad de agua extraída de la cuenta del banco por el DR-005 Delicias fue de 3249.4 hm^3 , a lo largo de 14 años, con una extracción de $232.1 \text{ hm}^3/\text{año}$; por lo que se presentó un **saldo positivo en el banco de agua de 4429.1 hm^3** . Los resultados anteriores indican que la aplicación del Escenario I.B.1 por una parte no afecta las concesiones aguas abajo del DR-005 y por otra parte se tiene un saldo positivo en el banco de agua de 5282.4 hm^3 que puede ser utilizado para abastecer déficits en las extracciones de distritos de riego, usos público-urbanos u obligaciones del tratado aguas abajo del banco de agua.

Existe una diferencia importante entre la aplicación separada del programa PADUA y el método *in lieu* en comparación con su aplicación en conjunto, la cual es la reducción del

umbral de factibilidad hidrológica de dos años a un año. Para la aplicación separada de estas políticas es necesario esperar dos años para que el cociente in lieu iguale o exceda el valor de 1; Con la unión de ambas políticas, el sistema se vuelve hidrológicamente factible en el primer año de aplicación.

Más aun, ha sido estimada la cantidad de agua que necesita ser bombeada para abastecer a los distritos de riego, usos publico-urbanos y las obligaciones del tratado a través del parámetro Unidades de Agua Bombeada por Unidad de Agua Recibida (UAB por UAR); parámetro que considera las pérdidas por conducción. El UAB por UAR fue obtenido para derechos de agua en México y en Estados Unidos en la cuenca de Río Conchos y a lo largo del cauce del Río Grande/Bravo.

Para las obligaciones del tratado el UAB por UAR es de 5.6:1, lo que significa que 5.6 unidades de agua deberán ser bombeadas del acuífero Meoqui para que, en la confluencia del Río Conchos con el Río Bravo/Grande, lleguen 3 unidades de agua de las cuales, una unidad es destinada a las obligaciones del tratado. La máxima cantidad de agua banqueada por año en el acuífero Meoqui es de 188.959 hm^3 . Por lo tanto, la máxima cantidad de agua entregada al tratado es de 33.84 hm^3 , lo que representa el 7.83% de la obligación anual para el tratado ($431.721 \text{ hm}^3/\text{año}$).

Para las concesiones dentro de la cuenca del Río Conchos, el parámetro UAB por el UAR del DR-005 Delicias, Urderales Meoqui-Delicias, DR-090 Bajo Conchos, Urderales Bajo Conchos y la ciudad de Ojinaga es de 1.59, 1, 1.861, 1.861 y 1.772 respectivamente. Dentro de la cuenca del Río Conchos el uso de ambas políticas tiene mayor valor porque el agua no es compartida debido a las obligaciones del tratado.

Para las concesiones en México a lo largo del cauce Río Grande/Bravo, el parámetro UAB por UAR varía de 3.1 para el municipio de Acuña hasta 5.0 para el DR-025 Bajo Río Bravo localizado en la salida de la cuenca del Río Grande/Bravo. En el caso de las concesiones mexicanas, un incremento del 50% del agua enviada debe ser realizado debido a las reglas del tratado. Esto afecta la efectividad de esta política, porque una mayor cantidad de agua debe ser bombeada para abastecer a la concesión y a las obligaciones del tratado. Por el contrario, los derechos de agua de Estados Unidos a lo largo del cauce del Río Grande/Bravo pueden solicitar que el agua banqueada sea entregada en su totalidad para propósitos del tratado. De acuerdo a esto los usuarios de Estados Unidos se encuentran en una mejor posición que los usuarios de México.

Un acuerdo entre la CNA y el DR-005 Delicias debe llevarse a cabo para poner en práctica lo establecido en el Escenario I.B.1. Los usuarios del DR-005 Delicias, deben solicitar permiso a la CNA para interrumpir temporalmente su concesión de agua subterránea y utilizar a cambio agua superficial; mientras que la CNA debe asegurar la restitución de su concesión de agua subterránea en caso de sequía. La posibilidad de obtener una cantidad extra de agua del banco durante periodos de sequía puede estimular a los usuarios de agua subterránea para cambiarse a este método. En la LAN, no existe un marco legal para enviar agua a usuarios extranjeros, excepto por lo ya establecido en el tratado de 1944 entre México y Estados Unidos. Sin embargo, si existiera esa posibilidad,

los usuarios de Estados Unidos deberían solicitar a la CNA agua del banco y la CNA evaluaría la posibilidad de enviar el agua a estos usuarios. Además, la CNA, determinara el costo por el envío del agua.

Se debe de seguir el mismo procedimiento que en el Escenario I.B para decidir si la combinación de ambas políticas debe aplicarse para el siguiente año hidrológico. Primero la condición del almacenamiento de agua superficial debe ser establecida: p. ej. Normal ($Av_S \geq Diversion$), en estrés ($SW^{+Losses} \leq Av_S \leq Diversion$) o escasa ($Av_S < SW^{+Losses}$). Segundo, una evaluación de las condiciones hidrológicas de los escurrimiento debe llevarse acabo para determinar si el año precedente fue muy seco, seco, normal (N), húmedo o muy húmedo. Estas dos evaluaciones nos permitirán decidir si ambas políticas se aplicaran para el siguiente año hidrológico o no. Ambas políticas son recomendadas cuando la condición de almacenamiento es *Normal* para todas las condiciones hidrológicas. Por el contrario, el uso de ambas políticas no es recomendado en periodos muy secos con duración mayor a 5 años cuando un déficit en la extracción del DR-005 Delicias es esperado. Este umbral de tiempo se obtuvo mediante corridas de 5 y 10 años con secuencias de años secos y muy secos. Además, ambas políticas no son recomendadas cuando las condiciones del almacenamiento en las presas es considerado como *en estrés* o *escasa* porque es muy probable que se presente un déficit en la extracción del DR-005, dependiendo de la cantidad de agua en el banco.

Escenario I.B.2 Banqueo y almacenamiento en la Boquilla

Escenario I.B.3 Banqueo de algunos almacenamientos de la presa Francisco I. Madero

Las presas La Boquilla y F. Madero han derramado agua para control de avenidas aproximadamente una vez cada diez años y una vez cada cinco años respectivamente; a lo largo de su operación. Estos derrames han ocurrido cuando el almacenamiento es mayor que el NAMO en cualquier instante dentro del periodo de Junio 1 a Octubre 31. Esta agua simplemente es derramada al Río Grande/Bravo donde puede ser almacenada en las presas internacionales (a menos que estas necesiten también derramar agua para mantener su volumen de control de avenidas) y se convierte en agua disponible en un periodo cuando es menos necesitada por los usuarios de aguas abajo. En vez de derramar esta agua de las presas, sería posible aumentar el volumen para control de avenidas en La Boquilla y F. Madero almacenando parte del agua en el banco de agua subterránea durante la temporada de riego precedente.

Resumen de Resultados

Los escenarios I.B.2 y I.B.3 es desarrollado en uno solo Escenario llamado Escenario I.B.2-3 debido a la operación conjunta e interdependencia de las presas La Boquilla y F. Madero. El objetivo del Escenario I.B.2 y I.B.3 es analizar el comportamiento y almacenamiento de las presas La Boquilla y F. Madero si el banqueo de agua (Escenario I.B.1) tiene lugar un año hidrológico antes que se presente algún derrame en una o en ambas presas. Tres periodos de años, cuando se presentaron derrames, fueron escogidos para evaluar los efectos del banqueo de agua subterránea a través del método *in lieu* en el año previo y cuando el derrame se presento.

En la primer secuencia (1967-1969), el método de banqueo de agua *in lieu* reduce los derrames de las presas La Boquilla y F. Madero en 102.1 hm³ y 11.3 hm³ respectivamente. La reducción de derrames del sistema fue de 113.4 hm³. Además, la metodología para determinar cuando aplicar el banqueo de agua fue evaluada y validada satisfactoriamente. En la segunda secuencia (1979-1981) el volumen de agua derramada de la presa F. Madero aumento en 19.9 hm³. En la segunda secuencia no se presentaron derrames en la presa La Boquilla para el Escenario I.B.2-3, por lo que los derrames se redujeron en 608.4 hm³. La reducción de derrames del sistema fue de 588.5 hm³. En la tercer secuencia (1989-1992) hubo una reducción en el agua derramada de la presa La Boquilla de 657.8 hm³ y un aumento en el volumen derramado de la presa F. Madero de 181.4 hm³. La reducción de derrames del sistema fue de 340.23 hm³. Un derrame pudo ser evitado en la presa La Boquilla en Agosto de 1990. El *cociente in lieu* para esta secuencia fue de 1:3.9. El agua banqueada fue de 728 hm³. Basado en estos resultados, bajo condiciones húmedas el banqueo de agua a través del método *in lieu* es recomendado porque menos agua es derramada que bajo condiciones normales. Aunado a esto, una mayor cantidad de agua es depositada en el banco de agua subterránea que el decremento del volumen de agua superficial almacenada en las presas.

Los derrames en la presa F. Madero no pudieron ser evitados porque la capacidad útil (342.7 hm^3) de la presa es pequeña en comparación con los flujos de entrada usuales que se presentan durante años húmedos (2 o 3 meses con flujo de entrada a la presa de $250 \text{ hm}^3/\text{mes}$). La función de la presa F. Madero es más para derivar agua del Río San Pedro que la de almacenar agua para el DR-005. La presa La Boquilla es la presa principal en la cuenca del Río Conchos. Debido a su capacidad útil (2773.6 hm^3), es posible almacenar agua durante periodos húmedos, los cuales comúnmente tienen flujos de entradas por encima de $350 \text{ hm}^3/\text{mes}$ durante tres meses consecutivos. Sin embargo, bajo condiciones húmedas La Boquilla es susceptible llenarse y presentar derrames.

El uso del almacenamiento para control de avenidas en épocas de estiaje es una práctica frecuente y peligrosa en la cuenca del Río Grande/Bravo. Registros históricos de 1989 a 1992 muestran lo peligroso de esta práctica, donde el periodo de lluvia se extendió de Julio de 1991 hasta Enero de 1992. Bajo esta perspectiva es posible hacer las siguientes recomendaciones. Si este procedimiento de utilizar el superalmacenamiento en épocas de estiaje sigue siendo usado, es necesario implementar un sistema eficiente de medición y monitoreo en tiempo real del escurrimiento en ríos para manejar las presas de forma adecuada y evitar el colapso de alguna de ellas. Si este sistema de monitoreo no es implementado, es recomendable dejar de utilizar este procedimiento porque es de peligro para la presa y las poblaciones aguas abajo. Además, el cambio climático global está modificando los patrones usuales del clima y es probable que escurrimientos extraordinarios ocurran en periodos del año poco comunes.

Introducción

El objetivo del Escenario I.B.2 y I.B.3 es analizar el comportamiento y almacenamiento de las presas La Boquilla y F. Madero si el banqueo de agua (Escenario I.B.1) tiene lugar un año hidrológico antes que se presente algún derrame en uno o en ambas presas.

En la primer parte del reporte se presentan las características de las presas La Boquilla y F. Madero para establecer el contexto de este sistema de presas. Además, es presentado un análisis de los periodos cuando La Boquilla y F. Madero han derramado agua de forma individual o en conjunto. Las presas La Boquilla y F. Madero operan en conjunto para abastecer al DR-005 Delicias. En el Escenario I.B.2 y I.B.3 se analizara el comportamiento de ambas presas operando en conjunto. No es recomendable analizar cada presa por separado debido a que la operación de una depende de la otra.

En la segunda parte de este reporte se presenta un análisis de resultados, comparando los datos obtenidos en la cuenta Baseline Run respecto con la cuenta Escenario I.B.2-3, la cual es una aplicación del Escenario I.B.1, utilizada en periodos cuando se presentaron derrames en uno o en ambas presas.

Sistema de presas La Boquilla y Francisco I. Madero (F. Madero)

La Tabla 71 muestra los datos del NAME, NAMO, NAMINO y la fecha de inicio de operaciones para las presas La Boquilla y F. Madero. El volumen útil del sistema es de 3116.3 hm³.

Tabla 71. Capacidad Total, útil, NAME, NAMINO, Volumen para Control de Avenidas e Inicio de operación de las presas La Boquilla y F. Madero.

Presa	NAME (hm3)	NAMO (hm3)	NAMINO (hm3)	Capacidad útil (hm3)	Volumen para Control de Avenidas (hm3)	Fecha de Inicio de Operación
F. Madero*	565.0	348.0	5.3	342.7	217.0	Ene-1924
La Boquilla*	3336.0	2903.3	129.7	2773.6	432.7	Ene-1916
Suma =				3116.3	649.7	

* Datos provistos por la Comisión Nacional del Agua.

Periodos de Derrames en las presas La Boquilla y F. Madero

El periodo de datos analizados fue del año de 1924 hasta el año 2000. La Tabla 83 muestra los periodos de tiempo cuando se presentaron derrames en La Boquilla y F. Madero.

De acuerdo a Collado (2002)⁸, la presa La Boquilla solo ha derramado agua en 1968, 1981 y 1991. Datos provistos por la CNA¹³ muestran que en múltiples ocasiones la elevación en uno o en ambos almacenamiento está por encima del NAMO, principalmente en periodos de estiaje (de Septiembre a Mayo). La política actual de operación de estas presas es almacenar la mayor cantidad de agua en las presas en épocas de estiaje y cuando la época de lluvias (de Junio a Octubre) se acerca, el excedente de agua es extraído fuera de las presa hasta dejarlas en el NAMO. En general, el superalmacenamiento es utilizado en época de estiaje como capacidad útil y en época de lluvias como almacenamiento para control de avenidas.

Para definir las secuencias de años a ser modelados en el Escenario I.B.2-3, se consideraron solo los años cuando se presentaron derrames en ambas presas (1968, 1981 y 1991-1992). Los datos de almacenamiento en presas y volúmenes extraídos en este escenario fueron obtenidos de las corridas del escenario de referencia Baseline Run y el Escenario I.B.1 para el periodo de análisis de 1940-2000. La **Tabla 72** muestra los periodos en los cuales las presas La Boquilla y F. Madero derramaron agua. Las secuencias definidas son: 1967-1969, 1979-1981 y 1982-1992. La última secuencia considera dos años de derrame consecutivos, cuando ambos almacenamiento derramaron agua.

Tabla 72. Fechas de derrames en La Boquilla y F. Madero.

Año Hidrológico	La Boquilla	F. Madero
	Mes	Mes
1938	Sep-38	
1939	Oct-38, Sep-39	
1942	Oct-41, Sep-42	
1943	Oct-42	
1945	Oct-44	
1959		Sep-59
1960		Oct-59, Ago-60 y Sep-60
1961		Oct-60
1966		Sep-66
1967		Oct-66
1968		Ago-68, Sep-68
1969	Oct-68	Oct-68
1972		Sep-72
1974		Ago-74
1975		Oct-74
1976		Oct-75
1977		Oct-76
1979		Oct-78, Sep-79
1981	Sep-81	Oct-80, Sep-81
1991	Sep-91	Oct-90
1992	Oct-91	Oct-91
1996		Sep-96
1997		Oct-96

Resultados

Análisis de la secuencia 1967-1969

La Figura 76 muestra el almacenamiento en las presas La Boquilla y Francisco I. Madero y del acuífero Meoqui. En Agosto y Septiembre de 1968, cuando se presentó el derrame de las presas, el almacenamiento de las presas La Boquilla y Francisco I. Madero para la cuenta Baseline Run fue de 1787 hm³ y 214 hm³ y para la cuenta Escenario I.B.2-3 fue de 1771 hm³ y de 213 hm³, respectivamente. Para el mismo periodo, el acuífero Meoqui presentaba un almacenamiento en la cuenta Baseline Run y Escenario I.B.2-3 de 48 hm³ y 1026 hm³, respectivamente.

Los resultados de la simulación muestran derrames de la presa F. Madero en Julio, Agosto y Septiembre de 1968 y en la Presa La Boquilla en Agosto y Septiembre de 1968. Para la presa F. Madero, los derrames en la cuenta Baseline Run (Figura 77) y Escenario I.B.2-3 (Figura 78) fueron de 594.3 hm³ y 583.0 hm³ respectivamente. Para la presa La Boquilla, el derrame en la cuenta Baseline Run (Figura 79) y Escenario I.B.2-3 (Figura 80) fue de 201.5 hm³ y de 98.9 hm³, respectivamente. Debido al banqueo de agua a través del método *in lieu*, el agua derramada se redujo 102.1 hm³ en la presa La Boquilla y 11.3 hm³ en la presa F. Madero. Además, en periodos húmedos una mayor cantidad de agua es

banqueada en el acuífero Meoqui que el decremento de agua almacenada en las presas (*cociente in lieu*>1).

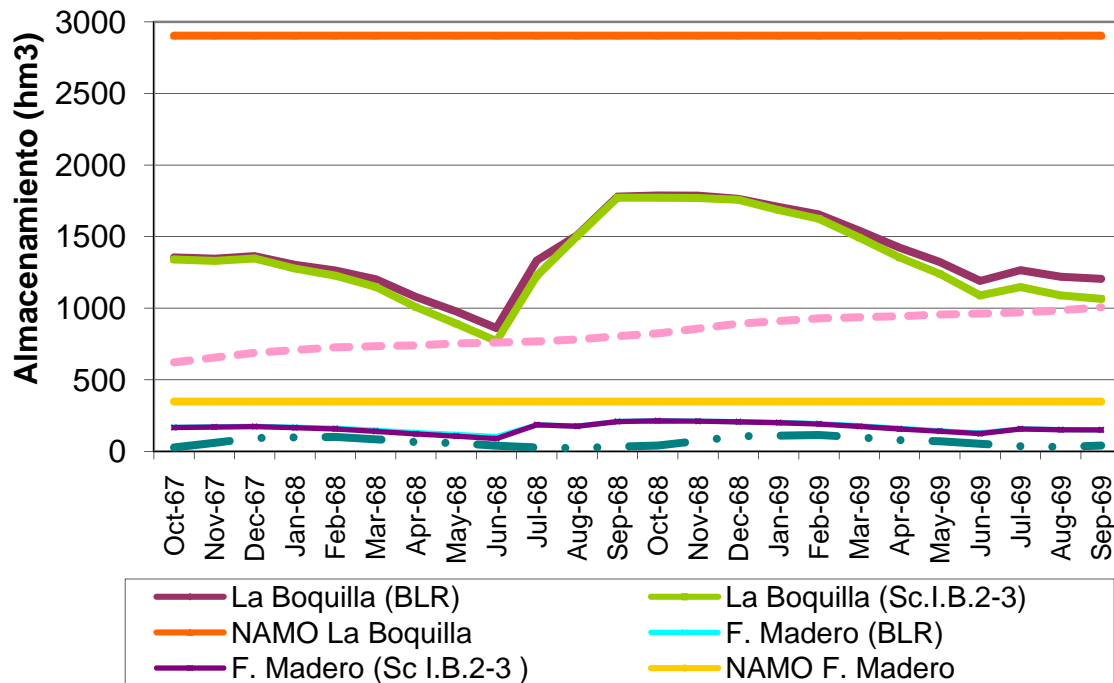


Figura 76. Almacenamiento en las presas La Boquilla y Francisco I. Madero y en el acuífero Meoqui, Esc. I.B.2-3, Secuencia 1967-1969.

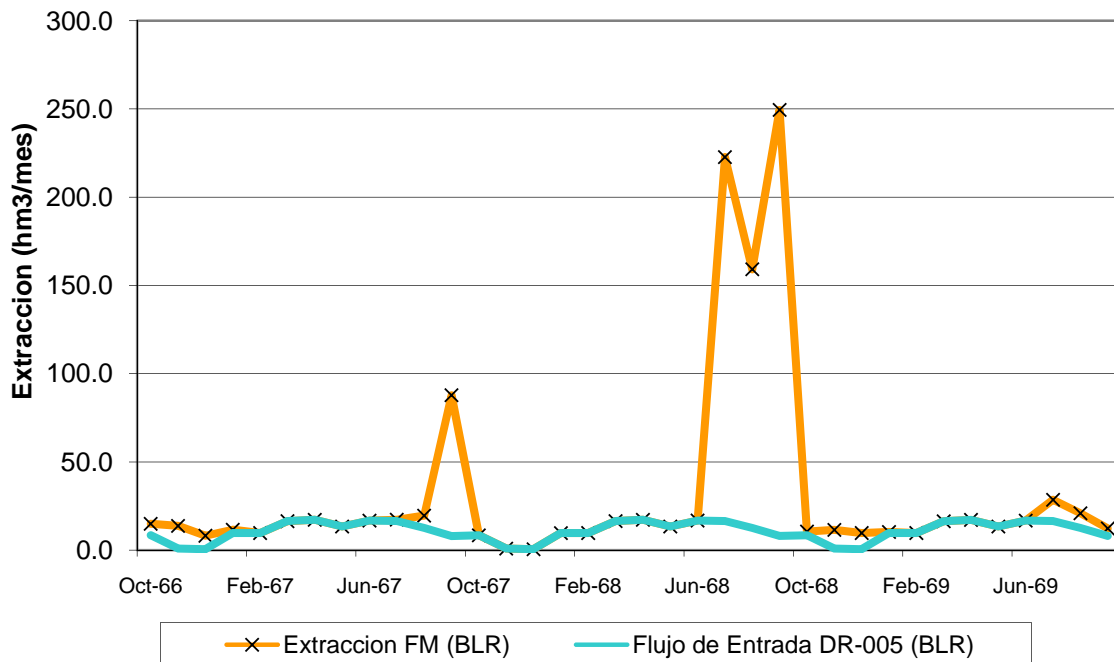


Figura 77. Derrames en la presa F. Madero, Baseline Run, Secuencia 1967-1969.

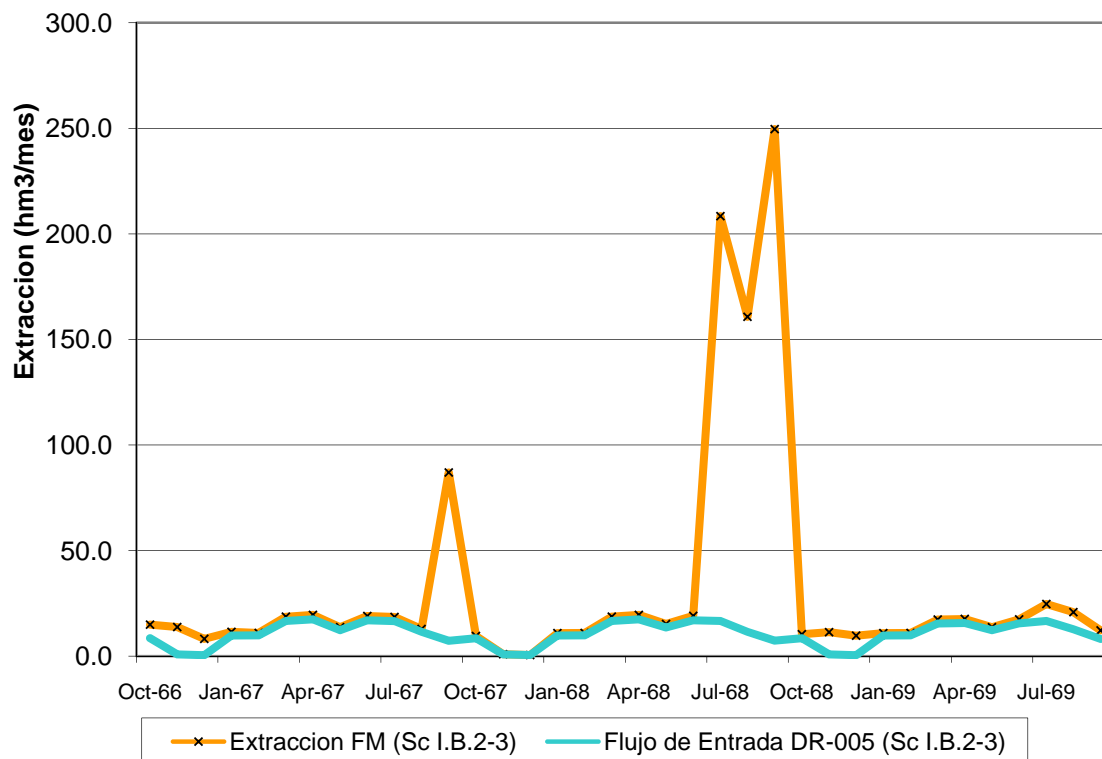


Figura 78. Derrames en la presa F. Madero, Esc. I.B.2-3, Secuencia 1967-1969.

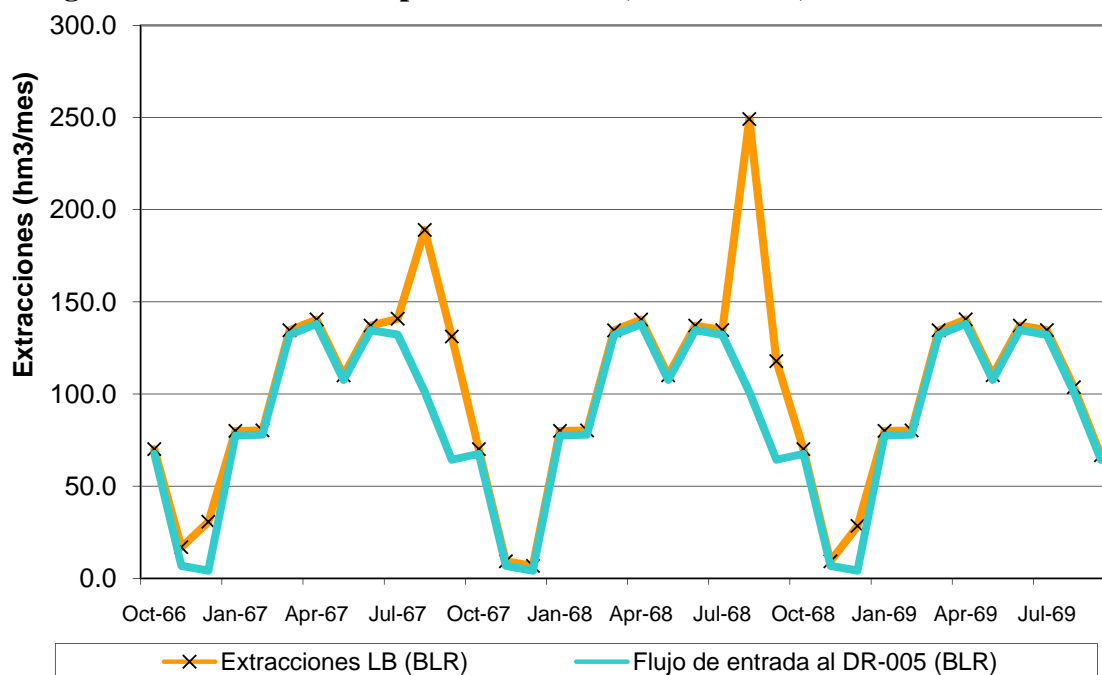


Figura 79. Derrames en la presa La Boquilla, Baseline Run, Secuencia 1967-1969.

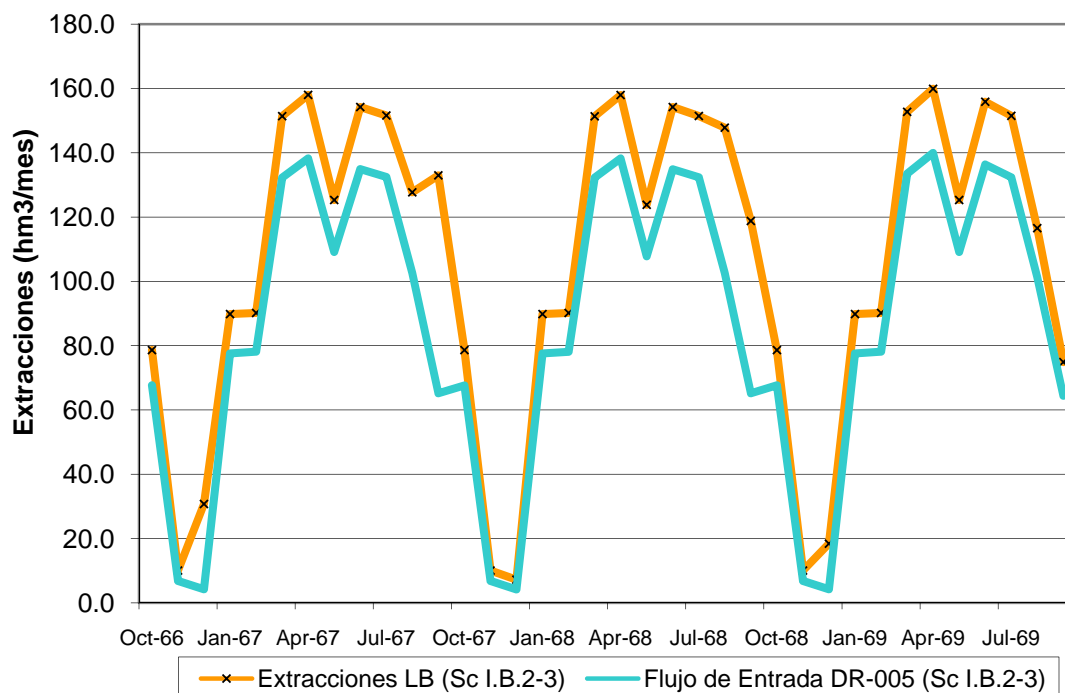


Figura 80. Derrames en la presa La Boquilla, Esc. I.B.2-3, Secuencia 1967-1969.

La **Tabla 73** muestra las condiciones hidrológicas y de almacenamiento para los años 1967, 1968 y 1969. A continuación se presenta un análisis hipotético en el caso de que el banqueo de agua a través del método in lieu hubiera sido considerado. En 1968, el banqueo de agua a través del método in lieu hubiera sido aplicado debido a que la año hidrológico anterior el escurrimiento es catalogado como *normal* y el almacenamiento de la presa al final del año hidrológico anterior es considerado *normal*. Para 1969, el banqueo de agua hubiera sido aplicado debido a que el escurrimiento del año hidrológico anterior hubiera sido catalogado como húmedo y el almacenamiento en las presas al final del año hidrológico anterior hubiera sido catalogado como *normal*. Para 1970 el banqueo de agua no se hubiera aplicado; ya que el almacenamiento en las presas es catalogado como *en estrés*, el escurrimiento en el año hidrológico anterior fue muy seco, por lo que en este caso, se esperaría un déficit en la extracción del DR-005 si se continuara banqueando agua.

Tabla 73. Definición para la aplicación del banqueo de agua en el siguiente año hidrológico, Escenarios I.B.2-3, Secuencia 1967-1969.

Año	Percentil	Condición Hidrológica*	Almacenamiento al final del periodo (hm ³)	Condición del Sistema de Presas**	Banqueo del agua para el siguiente año hidrológico
1967	0.492	Normal	1524.6	Normal	Si
1968	0.803	Húmedo	1979.9	Normal	Si
1969	0.148	Muy Seco	1214.7	En Estrés	No

*Condiciones Hidrológicas, Percentil (p). Muy Seco: $p < 0.15$; Seco: $0.15 < p < 0.30$; Normal: $0.30 < p < 0.70$; Húmedo: $0.70 < p < 0.85$; y Muy Húmedo: $p < 0.85$.

**Normal ($Av_S \geq Diversion$), en Estrés ($SW^{+Losses} \leq Av_S \leq Diversion$) o Insuficiente ($Av_S < SW^{+Losses}$)

Los derrames ocurrieron de Julio a Octubre de 1968, meses que son los últimos del año hidrológico catalogado como *húmedo*. En este caso el banqueo de agua hubiera sido óptimo, debido a que el agua banqueada en 1967 (*normal*) y 1968 (*húmedo*) hubiera sido muy útil en el año 1969, catalogado como *muy seco*. Al menos, dos periodos de banqueo de agua de 189 hm³ de agua hubieran estado disponibles en el banco de agua subterránea para hacer frente las condiciones de sequía de 1969 y de los siguientes años.

Análisis de la secuencia 1979-1981

La Figura 81 muestra el almacenamiento en las presas La Boquilla y F. Madero de acuerdo a los resultados obtenidos por el modelo. De acuerdo a los registros históricos proporcionados por la CNA, La Boquilla registro almacenamiento en el volumen para control de avenidas en Septiembre de 1981 y para la presa F. Madero en Septiembre de 1980 y otro en Septiembre de 1981. Estos registros históricos coinciden con los resultados obtenidos en el modelo de simulación.

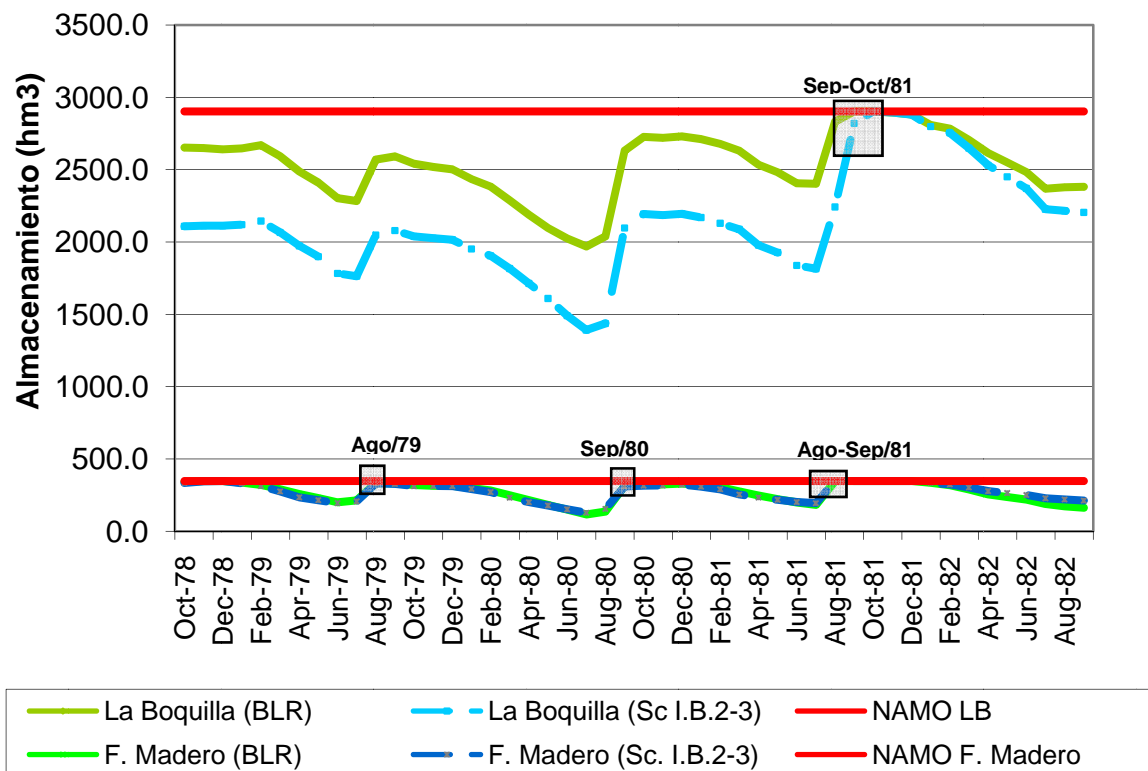


Figura 81. Volumen de Almacenamientos en las presas La Boquilla y F. Madero, Esc. I.B.2-3, Secuencia 1979-1981.

Los resultados en la cuenta Baseline Run muestran dos derrames en la presa La Boquilla y cuatro derrames en la presa F. Madero que coinciden con los registros históricos de superalmacenamiento. Los derrames en la presa La Boquilla (Figura 82) se presentaron en Septiembre y Octubre de 1981 con volúmenes de 509.3 y 99.2 hm³, respectivamente.

Los derrames en la presa F. Madero (Figura 83) se presentaron en Agosto de 1979, Septiembre de 1980, Agosto y Septiembre de 1981, con volúmenes de 43.0, 42.5, 87.0 y 260.0 hm³ respectivamente. La cantidad total de agua derramada de la presa La Boquilla y F. Madero en la cuenta Baseline Run fue de 608.4 hm³ y de 432.5 hm³, respectivamente. El total de agua derramada en el sistema de presas para la cuenta Baseline Run fue de 1040.9 hm³.

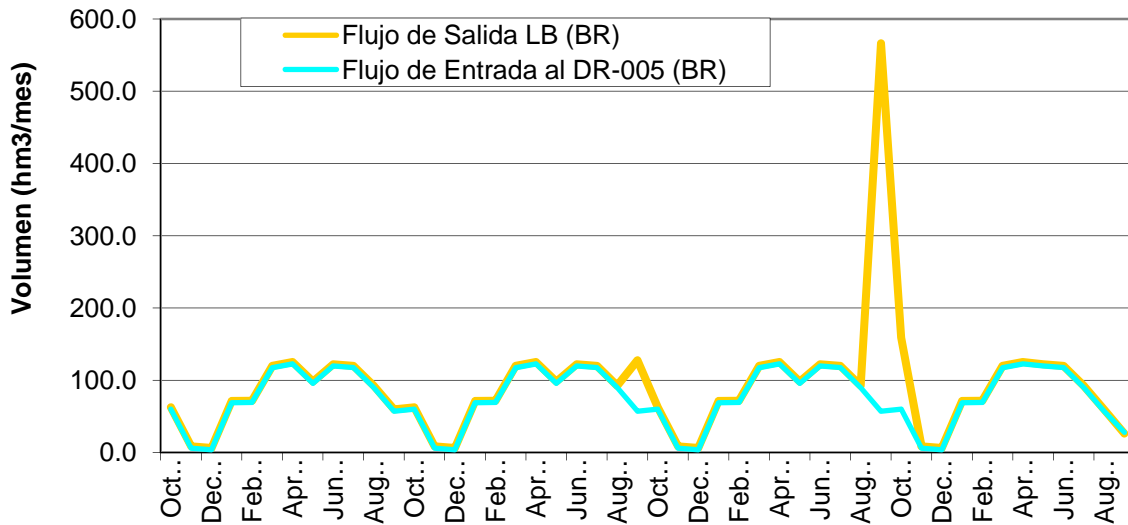


Figura 82. Derrames en la presa La Boquilla, Baseline Run, Secuencia 1979-1981.

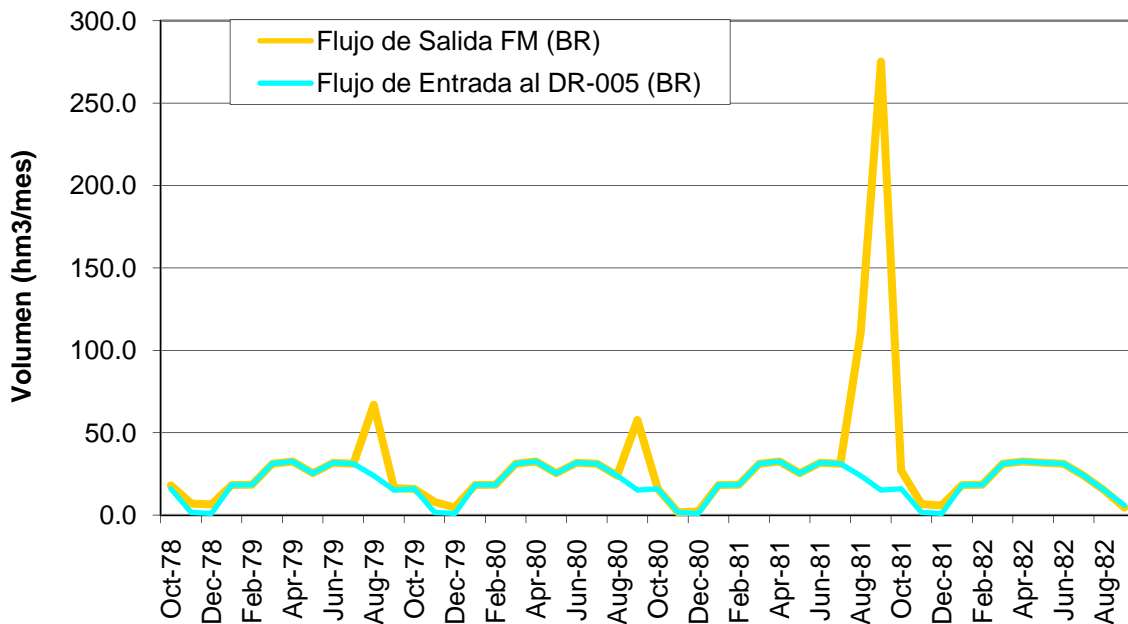


Figura 83. Derrames en la presa F. Madero, Baseline Run, Secuencia 1979-1981.

Los resultados en el Escenario I.B.2-3 no muestran derrames en la presa La Boquilla (Figura 84) y cuatro derrames en la presa F. Madero (Figura 85). Los derrames en la presa F. Madero se presentaron en Agosto de 1979, Septiembre de 1980, Agosto y Septiembre de 1981, con volúmenes de 35.0, 62.7, 96.2 y 258.5 hm³ respectivamente. No se derramo agua de la presa La Boquilla. La cantidad total de agua derramada de la presa F. Madero en el Escenario I.B.2-3 fue de 452.4 hm³. El total de agua derramada en el sistema de presas para el Escenario I.B.2-3 fue de 452.4 hm³.

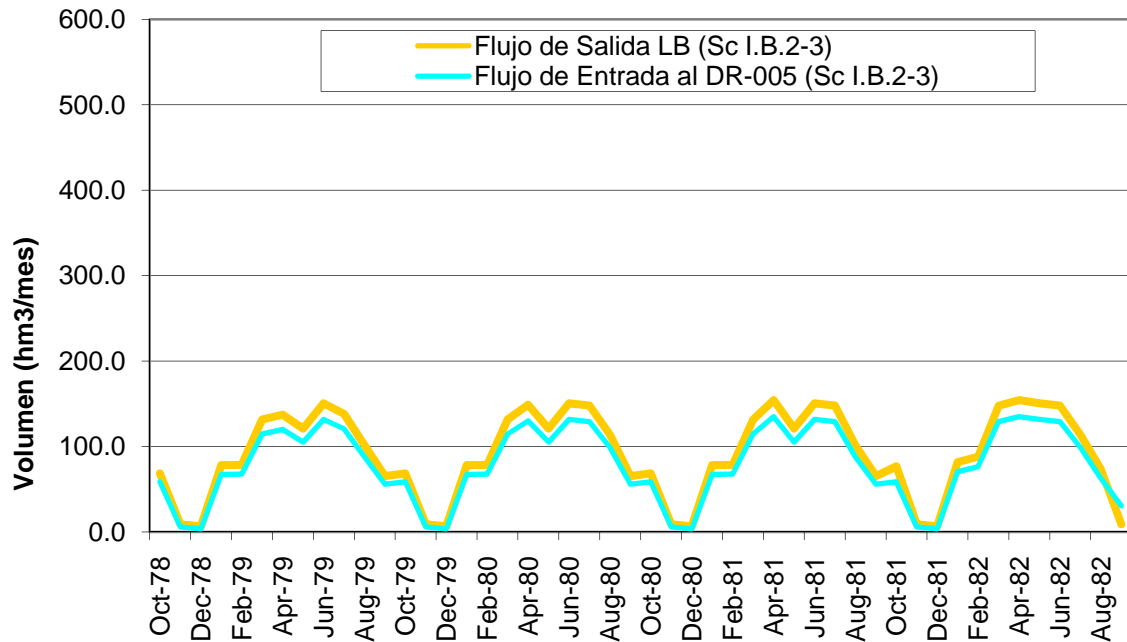


Figura 84. Derrames en la presa La Boquilla, Scenario I.B.2-3, Secuencia 1979-1981.

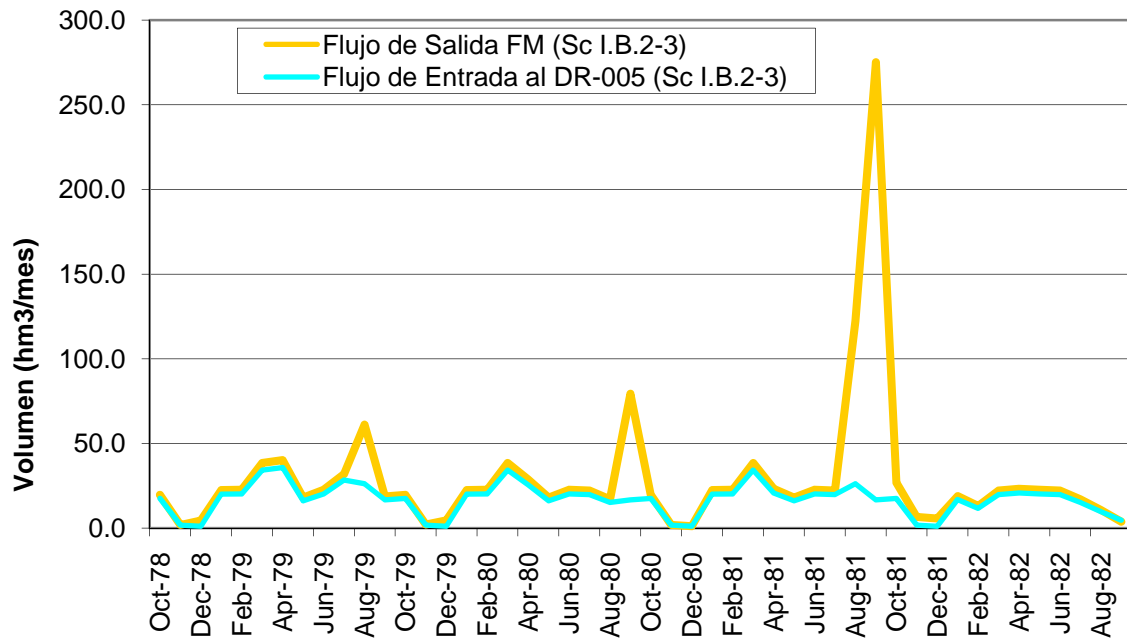


Figura 85. Derrames en la presa F. Madero, Scenario I.B.2-3, Secuencia 1979-1981.

La reducción del agua derramada de la presa La Boquilla es de 608.4 hm³. Se presento un aumento en el derrame de la presa F. Madero de 19.9 hm³. La diferencia total de agua derramada entre la cuenta Baseline Run y el Escenario I.B.2-3 es de 588.5 hm³. Parte de esta agua fue almacenada en la presa La Boquilla y parte fue utilizada para abastecer al DR-005 Delicias en lugar de haber sido derramada. La **Tabla 74** muestra los resultados para las corridas Baseline Run y Escenario I.B.2-3.

Tabla 74. Derrames en La Boquilla y F. Madero, Escenarios I.B.2-3, Secuencia 1967-1969.

Año	Presa	Mes	Derrame		Diferencia (hm ³)
			Base Line Run (hm ³)	Scenario I.B.2-3 (hm ³)	
1979	F. Madero	Ago	43.0	35.0	-8.0
1980	F. Madero	Sep	42.5	62.7	20.2
1981	F. Madero	Ago	87.0	96.2	9.2
	F. Madero	Sep	260.0	258.5	-1.5
	La Boquilla	Sep	509.3	0.0	-509.3
	La Boquilla	Oct	99.2	0.0	-99.2
Total			1040.9	452.4	-588.5

Los cuatro derrames ocurridos de la presa F. Madero en la cuenta Baseline Run y en la cuenta Escenario I.B.2-3 son resultado de importantes y repentinos flujo de entrada. En Agosto de 1979, el flujo de entrada a la presa F. Madero fue de 186.4 hm³, flujo que representa el 54% de su capacidad útil y que arribo en tan solo un mes. En Septiembre de 1980, el flujo de entrada a la presa F. Madero fue de 233.3 hm³, flujo que representa el 67% de su capacidad útil y que arribo en tan solo un mes. En 1981, dos flujos de entrada grandes arribaron de forma repentina a la presa F. Madero. 277 hm³ en el mes de Agosto y 276 hm³ en Septiembre. La suma de estos flujos de entrada es de 553 hm³ y excede en 205 hm³ la capacidad útil de la presa F. Madero la cual es de 348 hm³. Además, si toda el agua requerida para abastecer al DR-005 hubiera sido suministrada de la presa F. Madero (109.550 hm³ en Agosto y 69.642 hm³ en Septiembre), de cualquier forma el flujo de entrada excede la capacidad útil de la presa y se hubiera presentado el derrame. Bajo estas circunstancias, no es posible establecer un umbral que delimite el volumen máximo de almacenamiento en la presa F. Madero para guardar los volúmenes extraordinarios, debido a que en periodos húmedos los flujos de entrada fácilmente superan la capacidad útil de la presa.

De igual forma, en la presa La Boquilla los dos derrames ocurridos son resultado de importantes y repentinos flujo de entrada. En 1981, tres flujos de entrada grandes arribaron de forma repentina a la presa La Boquilla, 532 hm³ en el mes de Agosto, 651 hm³ en Septiembre y 170 hm³ en Octubre. La suma de estos flujos de entrada es de 1352 hm³ y representa el 47% de la capacidad útil de la presa la cual es de 2903 hm³. No obstante, En el escenario I.B.2-3 debido al uso del banqueo de agua se genero espacio suficiente en la presa La Boquilla para evitar el derrame en este periodo.

La **Tabla 75** muestra los registros históricos proporcionados por la CNA del volumen de almacenamiento en las presas La Boquilla y F. Madero. Como se puede apreciar, en muchas ocasiones el almacenamiento es superior al NAMO en ambas presas. Esta política de operación no es recomendable debido a que si se presentaran flujos de entrada extraordinarios en periodos cuando el almacenamiento en las presas está por encima del NAMO, se pone en peligro la seguridad de la presa y de las poblaciones aguas abajo.

Tabla 75. Almacenamiento Histórico y Sobre-Almacenamiento en La Boquilla y F. Madero, Escenarios I.B.2-3.

Año	Fecha	La Boquilla			F. Madero		
		Histórico (hm ³)	NAMO (hm ³)	Sobre- Almac. (hm ³)	Histórico (hm ³)	NAMO (hm ³)	Sobre- Almac. (hm ³)
1979	31-Oct				437.1	348	89.1
	30-Nov	3032	2903.3	128.7	425.3	348	77.3
	31-Dic	2950	2903.3	46.7	422.6	348	74.6
	31-Ene				422.6	348	74.6
	28-Feb				406.1	348	58.1
	31-Mar				391.2	348	43.2
	30-Sep				348.9	348	0.9
1981	31-Oct				430.4	348	82.4
	30-Nov				422.6	348	74.6
	31-Dic				422.2	348	74.2
	31-Ene				421.9	348	73.9
	28-Feb				420	348	72
	31-Mar				393.6	348	45.6
	30-Abr				361.3	348	13.3
	30-Sep				388.2	348	40.2

Análisis de la secuencia 1989-1992

En 1991 y 1992 se presentaron periodos con fuertes lluvias en la cuenca del Río Conchos, toda la cuenca fue influenciada por este periodo húmedo y en consecuencia todas las presa derramaron agua. Registros históricos de la CNA muestran que todas las presas almacenaron agua en el volumen para control de avenidas en esa época. Las presas La Boquilla, F. Madero, Luís L. León y San Gabriel estuvieron a su máxima capacidad al mismo tiempo de Septiembre de 1991 a Febrero de 1992. Este periodo de lluvias extremo fue utilizado para evaluar la influencia del banqueo de agua subterránea bajo condiciones húmedas.

La Figura 86 muestra el almacenamiento en las presas y el acuífero para la cuenta Baseline Run y el Escenario I.B.2-3. Dos periodos de derrame son evidentes, el primero de agosto de 1990 a Enero de 1991 y el segundo de Julio de 1991 a Enero de 1992. El *cociente in lieu* al final de la secuencia fue de 1:3.97, lo que significa que por el

decremento de una unidad de agua en los almacenamientos, 3.97 unidades de agua fueron banqueadas en el acuífero. La Figura 87 muestra por separado los volúmenes de almacenamiento para las presas La Boquilla y F. Madero.

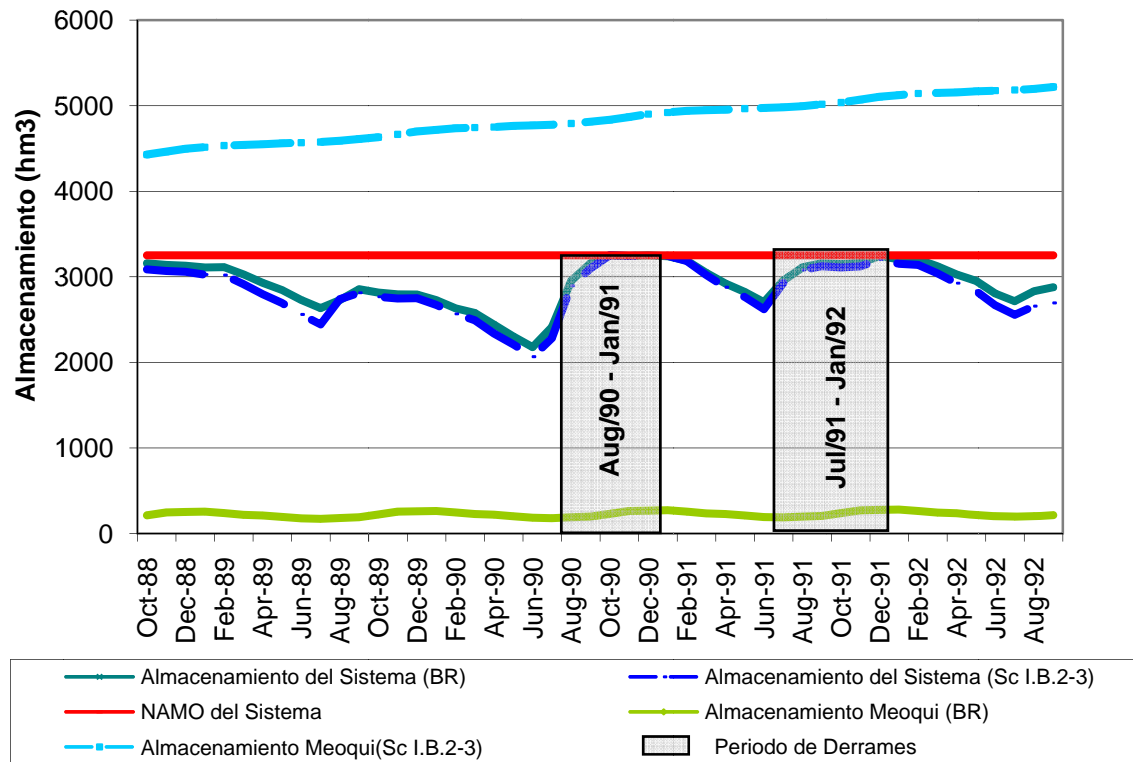


Figura 86. Almacenamiento en el sistema de presas y el Acuífero Meoqui, Esc. I.B.2-3, Secuencia 1989-1992.

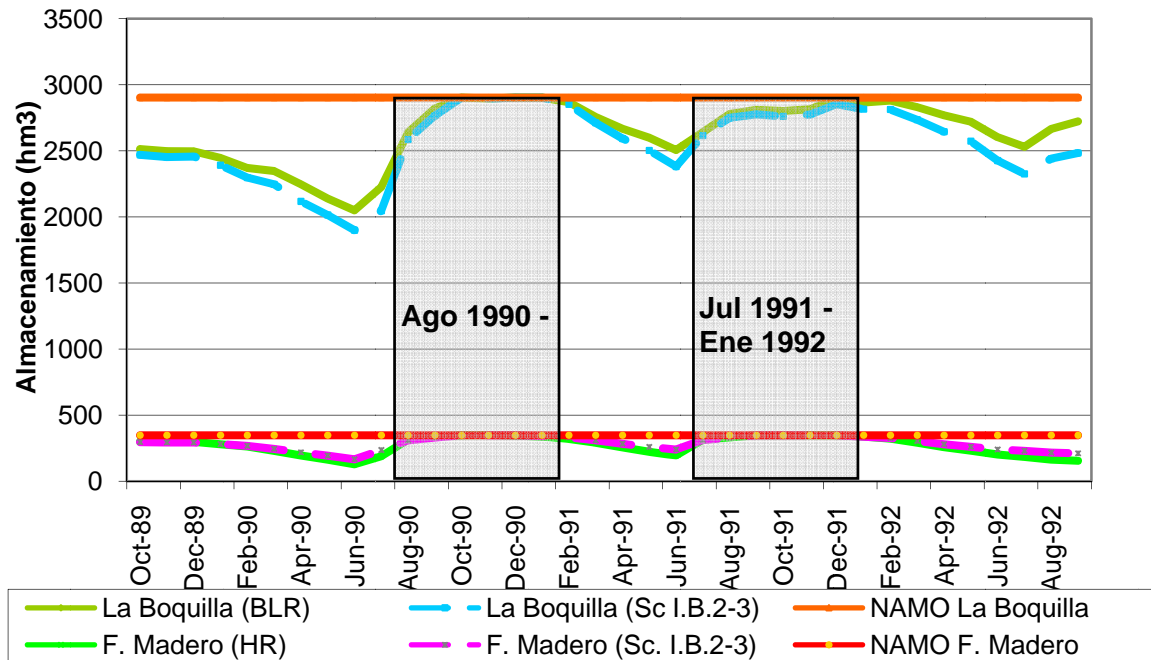


Figura 87. Almacenamiento en La Boquilla y F. Madero, Esc. I.B.2-3, Secuencia 1989-1992.

La Tabla 76 muestra el agua derramada en la cuenta Baseline Run comparada con el Escenario I.B.2-3 para la presa La Boquilla. En resumen, debido al banqueo de agua a través del método *in lieu* se presento una reducción en los volúmenes de derrame en el Escenario I.B.2-3 de 657.8 hm³, con respecto al escenario de referencia. Parte de esta agua fue almacenada y otra parte fue utilizada para abastecer al DR-005 Delicias.

Tabla 76. Derrames en La Boquilla Baseline Run y Escenarios I.B.2-3, Secuencia 1989-1992.

Año	Mes	Derrames		Diferencia (hm ³)
		Base Line Run (hm ³)	Scenario I.B.2-3 (hm ³)	
1989	Ago	423.4	219.1	-204.3
	Sep	400.2	387.9	-12.3
1990	Ago	263.5	0.0	-263.5
	Sep	102.9	98.2	-4.6
1991	Oct-90	130.0	71.4	-58.7
	Dic-90	38.2	37.3	-1.0
	Ene-91	196.8	189.9	-6.9
	Jul-91	360.9	249.3	-111.6
	Ago-91	936.5	941.7	5.2
Total=		2852.5	2194.7	-657.8

La Tabla 77 muestra un análisis comparativo del agua derramada en las cuentas Baseline Run y Escenario I.B.2-3 para la presa F. Madero. En resumen, debido al uso del método *in lieu* de banqueo de agua, se presento un incremento en los derrames de 181.4 hm³. Esta agua fue derramada aguas debajo de la presa F. Madero.

Tabla 77. Derrames en F. Madero Baseline Run y Escenarios I.B.2-3, Secuencia 1989-1992.

Año	Mes	Derrames		Diferencia (hm3)
		Base Line Run (hm3)	Scenario I.B.2-3 (hm3)	
1989	Sep-89	0.2	65.0	64.8
1990	Ago-90	312.9	374.7	61.8
	Sep-90	240.0	245.7	5.6
1991	Oct-90	230.1	230.0	-0.1
	Jul-91	111.4	169.2	57.8
	Agi-91	231.3	229.3	-2.0
	Sep-91	357.2	352.3	-4.9
1992	Oct-91	42.2	40.6	-1.6
Total =		1525.4	1706.8	181.4

La reducción de agua derramada de la presa La Boquilla (-657.8 hm³) y el incremento en la presa F. Madero (+181.4 hm³) es de 340.23 hm³. Esta cantidad de agua fue utilizada para abastecer al DR-005 delicias en lugar de ser derramada como sucedió en la cuenta

Baseline Run. La reducción en el volumen de almacenamiento para ambas presas fue de 183 hm³. La cantidad de agua banqueada en el acuífero Meoqui fue de 728 hm³. El cociente *in lieu* es de 1:3.9.

Tabla 78. Flujo de entrada a las presas y extracción requerida en la cuenta Baseline Run por el DR-005, Escenarios I.B.2-3 Secuencia 1989-1992.

Año	Mes	Flujo de Entrada			Extracción DR-005 BLR (hm ³)	Exceso de Agua (hm ³)
		La Boquilla (hm ³)	F. Madero (hm ³)	Total (hm ³)		
1989	Ago-89	555.8	87.0	642.8	91.2	551.5
	Sep-89	501.5	125.3	626.8	58.0	568.8
1990	Oct-89	42.1	27.8	69.9	60.9	8.9
	Nov-89	7.5	5.3	12.7	6.1	6.6
	Dic-89	16.6	6.5	23.1	3.8	19.4
	Ago-90	778.0	461.9	1239.8	91.2	1148.6
	Sep-90	349.9	277.6	627.4	58.0	569.4
1991	Oct-90	285.4	259.3	544.7	60.9	483.8
	Nov-90	13.8	16.6	30.4	6.1	24.3
	Dic-90	60.7	12.4	73.1	3.8	69.4
	Ene-91	277.4	9.7	287.1	69.9	217.3
	Jul-91	616.7	262.4	879.0	119.2	759.8
	Ago-91	1168.2	275.0	1443.2	91.2	1352.0
	Sep-91	93.6	389.6	483.2	58.0	425.2
1992	Oct-91	73.1	61.0	134.1	60.9	73.2
	Nov-91	31.2	7.6	38.8	6.1	32.7
	Dic-91	88.9	14.5	103.4	3.8	99.6
Suma =						6410.4

 Periodo cuando se presentaron derrames en el sistema.

La Tabla 78 y Tabla 79 muestran una comparación entre el flujo de entrada aguas arriba de las presas La Boquilla y F. Madero y la extracción requerida para el DR-005 Delicias en la cuenta Baseline Run y Escenario I.B.2-3 respectivamente, en meses cuando los derrames se presentaron. En todos los casos, excepto en Diciembre de 1989 y 1990, el flujo de entrada aguas arriba de las presas es mayor que la extracción del DR-005 Delicias. Esta diferencia o *exceso* de agua es almacenada en las presas y representa el incremento del almacenamiento. El *exceso* agua en la cuenta Baseline Run (6410.4 hm³) y es mayor que en el Escenario I.B.2-3 (6407.5 hm³) debido a que una mayor cantidad de agua superficial fue utilizada en el Escenario I.B.2-3 para abastecer al DR-005 por el uso del método *in lieu*. La diferencia de los *excesos* de agua es mínima, tan solo de 2.9 hm³.

Tabla 79. Flujo de entrada a las presas y extracción requerida en el Escenario I.B.2-3 por el DR-005, Escenarios I.B.2-3 Secuencia 1989-1992.

Año	Mes	Flujo de Entrada			Extracción DR-005 Esc I.B.2-3 (hm ³)	Exceso de Agua (hm ³)
		La Boquilla (hm ³)	F. Madero (hm ³)	Total (hm ³)		
1989	Ago-89	555.8	87.0	642.8	91.6	551.2
	Sep-89	501.5	125.3	626.8	58.2	568.6
1990	Oct-89	42.1	27.8	69.9	61.1	8.7
	Nov-89	7.5	5.3	12.7	6.1	6.6
	Dic-89	16.6	6.5	23.1	3.8	19.4
	Ago-90	778.0	461.9	1239.8	91.6	1148.3
	Sep-90	349.9	277.6	627.4	58.2	569.2
1991	Oct-90	285.4	259.3	544.7	61.1	483.6
	Nov-90	13.8	16.6	30.4	6.1	24.3
	Dic-90	60.7	12.4	73.1	3.8	69.3
	Ene-91	277.4	9.7	287.1	70.1	217.0
	Jul-91	616.7	262.4	879.0	119.6	759.4
	Ago-91	1168.2	275.0	1443.2	91.6	1351.6
	Sep-91	93.6	389.6	483.2	58.2	425.0
1992	Oct-91	73.1	61.0	134.1	61.1	73.0
	Nov-91	31.2	7.6	38.8	6.1	32.6
	Dic-91	88.9	14.5	103.4	3.8	99.6
Suma =						6407.5

 Periodo cuando se presentaron derrames en el sistema.

Incrementos significantes en el almacenamiento en presas ocurrieron en Agosto y Septiembre de 1989; Agosto, Septiembre y Octubre de 1990; y Julio, Agosto y Septiembre de 1991. Por ejemplo, de Agosto a Octubre de 1990 los flujos de entrada aguas arriba de las presas fueron significativos. Para la presa La Boquilla, el flujo de entrada en este periodo fue de 1413.3 hm³ que representa el 51% de su capacidad útil; y en la presa F. Madero el flujo de entrada fue de 998.7 hm³ que representa el 291% de su capacidad útil, pudiendo llenar fácilmente la presa 3 veces en tan poco tiempo.

Otro periodo húmedo ocurrió de Julio a Septiembre de 1991. El flujo de entrada en La Boquilla fue de 1878.44 hm³ que representa el 67.72% de su capacidad útil. En la presa F. Madero el flujo de entrada fue de 926.99 hm³ que representa el 270% de su capacidad útil. Una vez más, el flujo de entrada a la presa F. Madero puede fácilmente llenar la presa más de dos veces.

Para los dos periodos antes analizados la capacidad útil de la presa F. Madero fue fácilmente excedida. La capacidad útil de la presa F. Madero (342.7 hm³) es pequeña, comparada con la concesión del DR-005 Delicias (1130.546 hm³). Básicamente, la función de la presa F. Madero es de derivación del Río San Pedro más que de almacenamiento para el DR-005. Por el contrario, La Boquilla es la presa principal para

almacenar agua en la Cuenca del Río Conchos, su capacidad útil (2773.6 hm^3) puede abastecer al DR-005 más de dos años. Sin embargo, bajo periodos húmedos La Boquilla puede ser llenada y se pueden presentar derrames.

Conclusiones

Bajo periodos húmedos, el banqueo de agua a través del método *in lieu* es recomendado por dos razones. Primero, bajo este método el agua derramada es menor que bajo condiciones normales de operación, ya que una mayor cantidad de agua superficial es utilizada para abastecer el DR-005 Delicias, por lo que el almacenamiento en las presas antes, durante y después del derrame es menor que en condiciones normales. Segundo, la cantidad de agua almacenada en el banco es mayor que la reducción de agua superficial no almacenada en las presas (*Cociente In lieu* > 1), lo que representa una ganancia de agua que puede ser utilizada en un futuro para cubrir déficits en las extracciones o para las obligaciones del tratado.

En la primer secuencia (1967-1969) evaluada, el método de banqueo de agua *in lieu* reduce los derrames de las presas la Boquilla y F. Madero en 102.1 hm^3 y 11.3 hm^3 respectivamente. El agua banqueada en el acuífero Meoqui es mayor que la reducción del almacenamiento de agua superficial en las presas (*cociente in lieu* > 1). Además, la metodología para determinar cuando aplicar el banqueo de agua fue evaluada y validada satisfactoriamente.

En la segunda secuencia (1979-1981) el volumen de agua derramada de la presa La Boquilla se redujo en 608.4 hm^3 y se incremento en la presa F. Madero en 19.9 hm^3 . Se evito el derrame en la presa La Boquilla en la corrida del Escenario I.B.2-3. Para ambas presas, los derrames ocurridos son consecuencia de importantes y repentinos flujos de entrada a la presas. En las presas F. Madero y la Boquilla se presentaron flujos de entrada mensuales mayores al 50% de la capacidad útil.

En la tercer secuencia (1989-1992) hubo una reducción en el agua derramada en la presa La Boquilla de 657.8 hm^3 y en la presa F. Madero se presento un incremento en los derrames de 181.4 hm^3 . En la presa La Boquilla un derrame fue evitado en Agosto de 1990. La reducción total de volumen derramado fue de 340.23 hm^3 . El *cociente in lieu* para esta secuencia fue de 1:3.9. La cantidad de agua banqueada fue de 727.5 hm^3 .

Los derrames en la presa F. Madero no pudieron ser evitados porque la capacidad de operación ($\text{NAMO}=348 \text{ hm}^3$) de la presa es pequeña en comparación con los flujos de entrada usuales que se presentan durante años húmedos (2 o 3 meses con flujo de entada a las presas de $250 \text{ hm}^3/\text{mes}$). A pesar que en recientes fechas se ha incrementado la capacidad útil de la presa F. Madero a 450 hm^3 por la implementación del Rubber dam, la capacidad útil de de esta presa puede ser fácilmente rebasada bajo estos flujos de entrada. La función de la presa F. Madero es mas para derivar agua del Río San Pedro que la de almacenar agua para el DR-005.

La presa La Boquilla es la presa principal en la cuenca del Río Conchos. Debido a su capacidad de operación ($NAMO=2903 \text{ hm}^3$), es posible almacenar agua durante periodos húmedos, los cuales comúnmente tienen flujos de entradas por arriba de $350 \text{ hm}^3/\text{mes}$ durante tres meses consecutivos. Sin embargo, bajo condiciones húmedas La Boquilla es susceptible a llenarse y a presentar derrames. Considerando ambos almacenamientos, es preferible almacenar agua en la presa La Boquilla que en la presa F. Madero porque la capacidad de almacenamiento de esta última puede ser fácilmente excedida. Sin embargo, una mayor cantidad de pérdidas por evaporación son esperadas en la Presa La Boquilla.

El uso del almacenamiento para control de avenidas en épocas de estiaje es una práctica frecuente y peligrosa en la cuenca del Río Grande/Bravo. El uso de este procedimiento está basado en la variabilidad temporal de los flujos de entrada. Este procedimiento asume que no se presentaran avenidas en época de estiaje. Registros históricos de 1989 a 1992 muestran lo peligroso de esta práctica, donde el periodo de lluvia se extendió de Julio de 1991 hasta Enero de 1992. En este periodo ambas presas fueron operadas almacenando agua en el volumen destinado al control de avenidas. Bajo esta perspectiva es posible hacer las siguientes recomendaciones. Si este procedimiento de utilizar el superalmacenamiento en épocas de estiaje como almacenamiento disponible sigue siendo usado, es necesario implementar un sistema eficiente de medición y monitoreo en tiempo real del escurrimiento en ríos para manejar las presas de forma adecuada y evitar el colapso de alguna de ellas. Si este sistema de monitoreo no es implementado, es recomendable dejar de utilizar este procedimiento porque es de peligro para las poblaciones aguas abajo (Camargo) y para la presa. Además, el cambio climático global está modificando los patrones usuales del clima y es probable que escurrimientos extraordinarios ocurran en periodos del año poco comunes.

***Escenario I.B.4 Banqueo del agua que se ahorra a partir de las
medidas de conservación del agua para uso agrícola que
están siendo implementadas en la cuenca del Río Conchos.***

En este escenario se banquea el agua ahorrada a partir de las medidas de conservación implementadas en el Escenario II.A.1 en el acuífero Meoqui a través del método *In Lieu*. A su vez, los volúmenes ahorrados son utilizados para abastecer al DR-005 Delicias.

Resumen de Resultados

El Escenario I.B.4 del proyecto de escenarios de Manejo del agua para la cuenca del Río Grande/ Bravo, fue elaborado considerando las medidas de conservación del agua implementadas en la cuenca del Río Conchos, la cuales son descritas en el Acta 309 sostenida entre la CILA y el IBWC (Escenario II.A.1, II.A.1.a y II.A.1.b); el banqueo de parte del agua ahorrada en el acuífero Meoqui a través del método *In Lieu* (Escenario I.B); así como la distribución del agua ahorrada en el DR-005 Delicias. El uso en conjunto de estas dos políticas, así como la consideración que el agua banqueada y ahorrada será entregada al DR-005 Delicias, son las consideraciones utilizadas en este escenario.

En este escenario se utilizó la estructura ya construida en el Escenario II.A.1.a para contabilizar el agua ahorrada. En el Acta 309 se declara un volumen de ahorro inicial máximo propuesto de 343 hm³/año. Los resultados de la simulación arrojan un promedio del ahorro inicial propuesto de 177.4 hm³ (52% con respecto al ahorro inicial máximo propuesto). Debido a las pérdidas por evaporación en las presas La Boquilla y Francisco I. Madero, el almacenamiento real promedio de los volúmenes ahorrados es de 87.6 hm³/año; en promedio, solo el 49.4% del agua inicial propuesta es ahorrada y almacenada en la realidad, debido a las pérdidas por evaporación (50.6% en promedio). En las presas La Boquilla y F. Madero se almacena en promedio 82.6 hm³/año y 5.0 hm³/año del agua ahorrada respectivamente, cuyos volúmenes representan el 94.3% y 5.7% del agua real ahorrada por año (87.6 hm³/año). Para el abastecimiento del DR-005 Delicias se presentó un déficit promedio en el abastecimiento de agua superficial de 91.1 hm³/año, volumen que representa un déficit del 16%, con respecto al volumen de concesión de agua subterránea (564.9 hm³/año). La asignación promedio del agua ahorrada para cubrir los déficit agua superficial del DR-005 Delicias es de 89.9 hm³/año, de los cuales, el 89% (80.4 hm³/año) provienen de la presa La Boquilla y el 11% (9.6 hm³/año) provienen de la presa Francisco I. Madero.

El distrito de riego DR-005 Delicias, DR-025 Bajo Río Bravo, WMS 8 Agriculture “A” y WMS 9-13 Agriculture “A” presentaron un incremento en su extracción promedio de 94.3 a 98%, de 98 a 99%, de 69 a 70% y de 69 a 70% respectivamente. El DR-005 Delicias presentó un incremento substancial en su confiabilidad, pasando del 76.5% al 93.1%. Los distritos de riego DR-025 Bajo Río Bravo, WMS 8 Agriculture “A” y WMS 9-13 Agriculture “A” presentaron un incremento en su disponibilidad de 97.4 a 98.2%, de

22.5 a 24.9 y de 22.5 a 24.9% respectivamente. Los usos Público-Urbanos presentaron una confiabilidad y extracción promedio del 100%. Para las obligaciones del tratado de 1944, el Río Conchos presento una disminución en su volumen promedio anual destinado al tratado, pasando de 357.4 a 345.8 $\text{hm}^3/\text{año}$ (del 83 al 80% con respecto al volumen promedio anual comprometido por concepto del tratado que es de 431.721 $\text{hm}^3/\text{año}$). El escurrimiento mínimo y el escurrimiento máximo presentaron una reducción de 14 al 12%, y del 316 al 313% (con respecto al volumen promedio anual comprometido por concepto del tratado que es de 431.721 $\text{hm}^3/\text{año}$), respectivamente. Las presas La Boquilla y F. Madero presentaron un incremento en su almacenamiento medio, pasando de 59 a 65% y de 58 a 65%, respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa. Por el contrario, las presas Amistad, Falcon y Luís. L. León sufrieron una disminución marginal en su almacenamiento medio, pasando de 87 a 85%, de 82 a 80% y de 108 a 106%, respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa.

A pesar de la reducción de los volúmenes de conducción y a la disminución de los coeficientes de infiltración en los canales, el acuífero Meoqui sufrió un incremento del 4% en su almacenamiento promedio, con respecto al escenario de referencia. Al final del periodo de análisis, el almacenamiento del acuífero Meoqui para la cuenta Scenariio I.B.4 y el escenario de referencia Baseline Run fue de 2.78 hm^3 y de 59.5 hm^3 , respectivamente.

La cantidad de agua depositada en el banco de agua a lo largo del periodo de análisis fue de 916.6 hm^3 , cantidad que representa un banqueo de agua durante 42 años y un depósito promedio de 21.8 $\text{hm}^3/\text{año}$. La cantidad de agua extraída de la cuenta del banco por el DR-005 Delicias fue de 103.47 hm^3 , a lo largo de 3 años, con una extracción promedio de 34.5 $\text{hm}^3/\text{año}$; por lo que se presento un **saldo positivo de agua en el banco de 813.2 hm^3** . A pesar de este saldo positivo, debido al decremento en los coeficientes de infiltración, el acuífero Meoqui presento un completo abatimiento de su almacenamiento debido a la extracción del volumen de concesión de agua subterránea.

Los resultados anteriores indican que la aplicación del Escenario I.B.4 por una parte incrementa la disponibilidad de agua superficial y subterránea para el DR-005 Delicias, aunque debido a la disminución de los volúmenes de recarga, el acuífero Meoqui es susceptible a sufrir severos abatimientos en su almacenamiento.

A pesar de esto, es recomendable el uso conjunto del banqueo de agua con las medidas de conservación del agua, ya de esta forma se realiza un uso adecuado del agua superficial y del agua subterránea; y no se sobre-explotan las fuentes de abastecimiento, como sucede en el escenario II.A.1.a y II.A.1.b. el agua subterránea. Es necesaria una investigación a detalle para conocer las características hidrogeológicas del acuífero Meoqui, así como la interacción de este acuífero con el agua superficial.

Antecedentes

En este escenario se utilizó la estructura desarrollada en los escenarios I.B y II.A.1 para la modelación del escenario. Los ahorros de agua propuestos en el Escenario II.A.1 son banqueados en acuífero Meoqui mediante el intercambio de uso de agua superficial por agua subterránea, es decir, los ahorros de agua superficial serán entregados a los usuarios de agua subterránea para su uso bajo condiciones normales de almacenamiento; mientras que en periodos de sequía, el agua banqueada será entregada tanto a los usuarios de agua superficial como a los usuarios de agua subterránea. Para este escenario, el agua ahorrada será entregada exclusivamente al distrito de riego 005 Delicias.

Resultados

Concesiones

La Tabla 80 y Figura 88 muestra el volumen de concesión, la extracción y déficit promedio, así como la extracción mínima en las cuentas Baseline Run y Scenario I.B.4, para los distritos de riego seleccionados.

Tabla 80. Volumen de concesión, extracción y déficit promedio para los distritos de riego, Escenario I.B.4.

Distrito de Riego	Cuenta	Concesión (hm ³ /año)	Extracción Promedio (%)	Déficit Promedio (%)	Extracción Mínima (%)
DR 005 Delicias	BR	906.1	94.3%	5.7%	45%
	Sc. I.B.4	673.0	98.0%	2.0%	78%
DR 025 Bajo Rio Bravo	BR	861.0	98%	2%	61%
	Sc. I.B.4	861.0	99%	1%	62%
DR 090 Bajo Rio Conchos	BR	85.0	100%	0%	91%
	Sc. I.B.4	85.0	100%	0%	91%
WMS 8 Agriculture A	BR	374.3	69%	31%	25%
	Sc. I.B.4	374.3	70%	30%	22%
WMS 9-13 Agriculture A	BR	1427.2	69%	31%	25%
	Sc. I.B.4	1427.2	70%	30%	22%

La Tabla 81 y Figura 89 muestra el volumen de concesión, la extracción y déficit promedio, así como la extracción mínima en las cuentas Baseline Run y Scenario I.B.4, para los usos Público-Urbanos seleccionados.

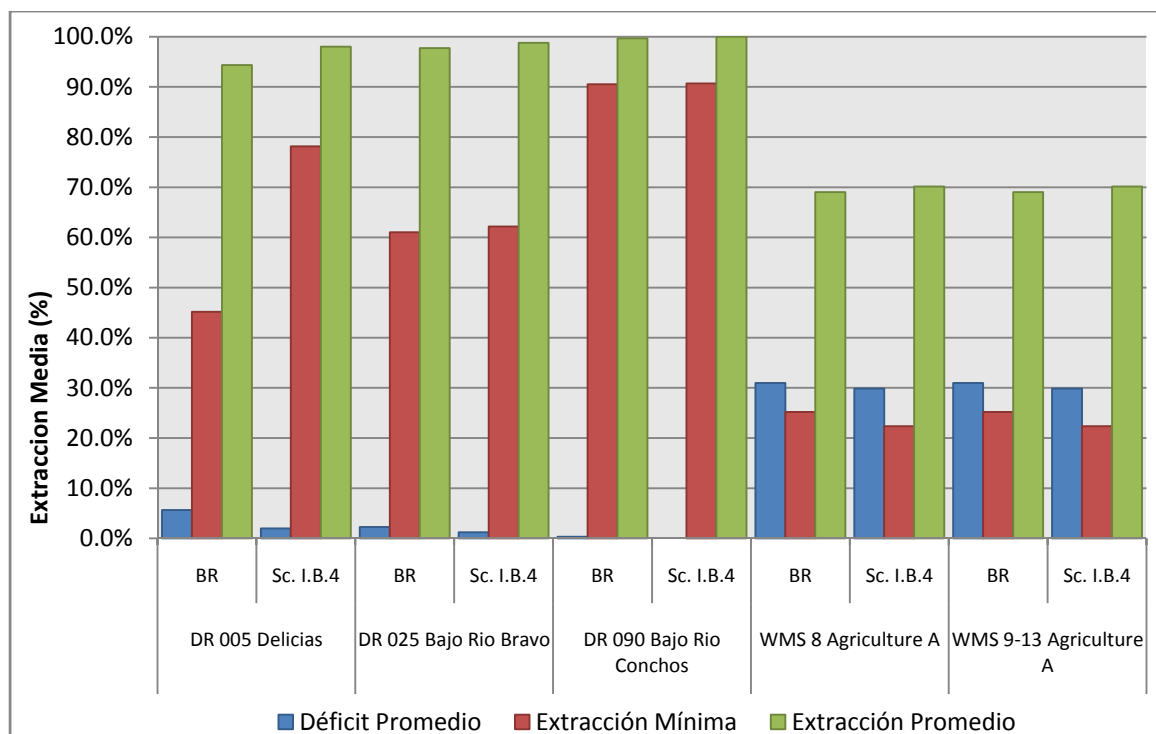


Figura 88. Extracción y déficit promedio para los distritos de riego, Escenario I.B.4.

Tabla 81. Volumen de concesión, extracción y déficit promedio para los usos Publico-Urbano, Escenario I.B.4.

Uso Público Urbano	Cuenta	Concesión (hm ³ /año)	Extracción Promedio (%)	Déficit Promedio (%)	Extracción Mínima (%)
Matamoros	BR	48.0	100%	0%	100%
	Sc. I.B.4	48.0	100%	0%	100%
Nuevo Laredo	BR	36.1	100%	0%	100%
	Sc. I.B.4	36.1	100%	0%	100%
Piedras Negras	BR	36.0	100%	0%	100%
	Sc. I.B.4	36.0	100%	0%	100%
Reynosa	BR	67.0	100%	0%	100%
	Sc. I.B.4	67.0	100%	0%	100%
Brownsville	BR	85.5	100%	0%	100%
	Sc. I.B.4	85.5	100%	0%	100%
Eagle Pass	BR	9.5	100%	0%	100%
	Sc. I.B.4	9.5	100%	0%	100%
Laredo	BR	57.0	100%	0%	100%
	Sc. I.B.4	57.0	100%	0%	100%
McAllen	BR	0.8	100%	0%	100%
	Sc. I.B.4	0.8	100%	0%	100%
WMS 9-13 Municipal	BR	201.5	100%	0%	100%
	Sc. I.B.4	201.5	100%	0%	100%

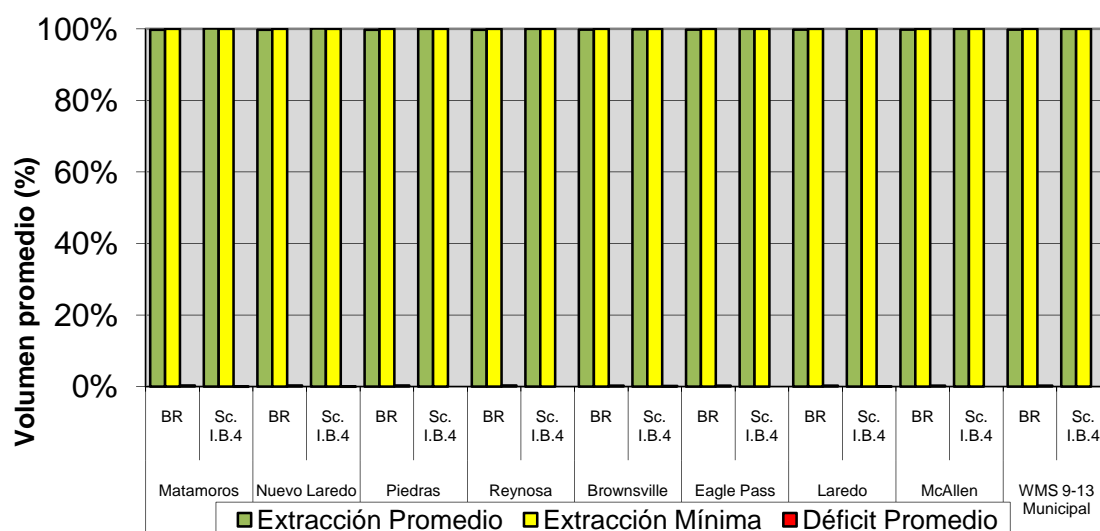


Figura 89. Extracción y déficit promedio para los usos Público -Urbano, Escenario I.B.4.

El banco de agua ahorrada producto de las medidas de conservación de agua en la cuenca del Río Conchos y su uso para abastecer al DR-005 Delicias, lo benefician con un incremento en su extracción promedio de 94.3 a 98%. De forma similar, los distritos de riego DR-025 Bajo Río Bravo, WMS 8 Agricultura A y WMS 9-13 Agricultura A presentan un incremento en su extracción promedio de 97.8 a 98.8%, de 69 a 70.1% y de 69 a 70.1%, respectivamente.

Los usos Público-Urbano no se vieron afectados por las medidas de conservación del agua en la cuenca del Río Conchos, presentando todos una extracción del 100%.

Estos resultados muestran el banco de agua en conjunto con las medidas de conservación incrementan la disponibilidad de agua de forma sustancial, no solo para el DR-005 Delicias, pero además para los distritos de riego DR-025 Bajo Río Bravo, WMS 8 Agricultura A y WMS 9-13 Agricultura A.

Tratado

La Tabla 82 y Figura 90 muestra el volumen medio anual, mínimo y máximo con respecto al volumen medio anual (431.721 hm³/año) destinado al cumplimiento del tratado de 1944 en las cuentas Baseline Run y Scenario I.B.4 para los Ríos Conchos, San Diego, San Rodrigo, Escondido, Salado y Arroyo Las Vacas.

Tabla 82. Volumen promedio, mínimo, máximo destinado al cumplimiento del tratado de los ríos establecidos en el tratado de 1944, Escenario I.B.4.

Esgurrimiento	Escenario	Esgurrimiento				Desviación Estándar
		Promedio		Mínimo (%)	Máximo (%)	
		(hm³/año)	(%)			(hm³/año)
Arroyo Las Vacas	BR	6.4	1%	0%	7%	4.7
	Sc. I.B.4	8.9	2%	0%	24%	15.3
Río Conchos	BR	357.4	83%	14%	316%	205.1
	Sc. I.B.4	345.8	80%	12%	313%	210.9
Río Escondido	BR	31.0	7%	0%	19%	21.6
	Sc. I.B.4	33.1	8%	1%	29%	24.6
Río Salado	BR	s	25%	3%	134%	123.8
	Sc. I.B.4	108.3	25%	2%	138%	124.2
Río San Diego	BR	73.1	17%	7%	40%	36.3
	Sc. I.B.4	74.6	17%	7%	40%	36.5
Río San Rodrigo	BR	49.6	11%	1%	68%	49.7
	Sc. I.B.4	49.6	11%	1%	68%	49.7
Obligaciones del Tratado	BR	625.8	145%	62%	371%	298.2
	Sc. I.B.4	620.4	144%	54%	368%	295.9

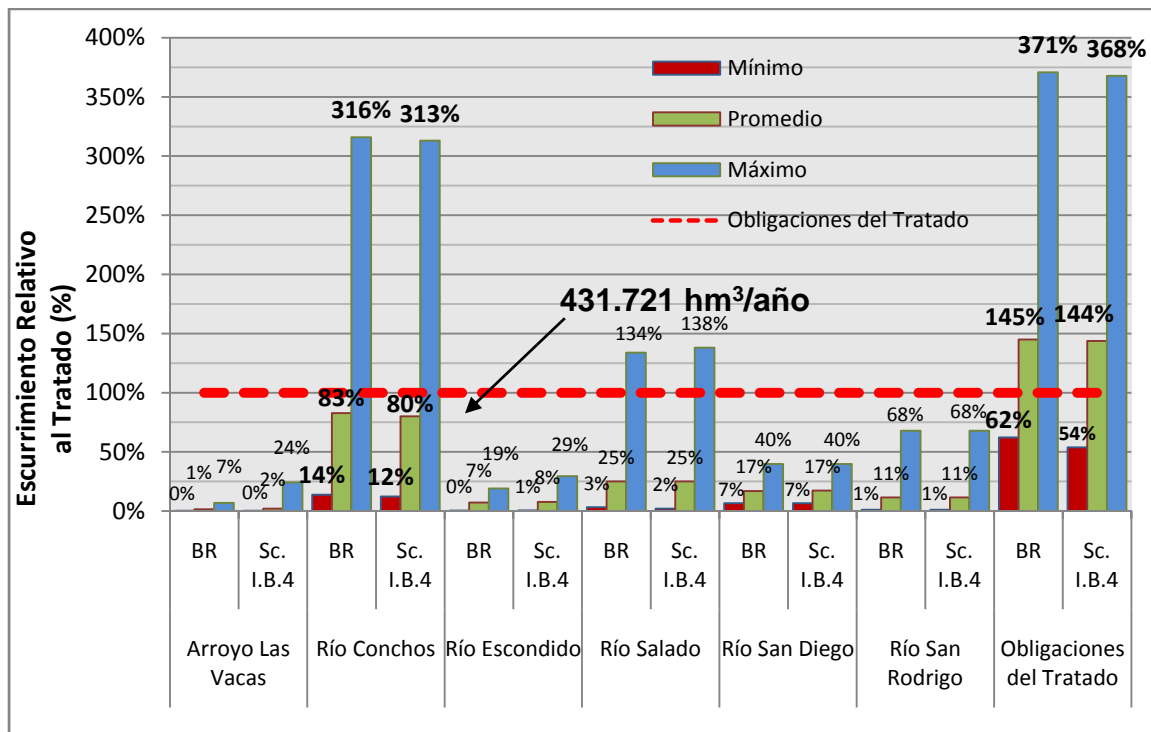


Figura 90. Volumen promedio, mínimo y máximo destinado al cumplimiento del tratado de los ríos establecidos en el tratado de 1944, Escenario I.B.4.

De los resultados presentados en la Tabla 82 y Figura 90 se puede apreciar que para las obligaciones del tratado, el Río Conchos presento una disminución en su volumen promedio anual destinado al tratado, pasando del 83% al 80%, con respecto al volumen promedio anual comprometido por concepto del tratado que es de 431.721 hm³/año. Además, el volumen mínimo y máximo disminuyo de 14 a 12% y de 316 a 313% respectivamente. En apariencia, los resultados anteriores indican que el banqueo de agua de los volúmenes ahorrados de forma exclusiva para el DR-005 Delicias, perjudica las entregas del Río Conchos por concepto de obligaciones del tratado. Sin embargo, la Figura 91 muestra que durante épocas de sequía, los volúmenes de escurrimiento de aguas superficiales a las obligaciones del tratado se incrementan, debido a que existe una mayor disponibilidad de agua en las presas La Boquilla y F. Madero, así como en el acuífero Meoqui.

La **Tabla 83** muestra un comparativo de los volúmenes de agua entregados por concepto de tratado para el escenario de referencia Baseline Run y el Escenario I.B.4. Estos resultados muestran que para el tercer ciclo del tratado (1950-1955), en la cuenta de referencia Baseline Run se presento un déficit para las obligaciones del tratado de 677.7 hm³, el cual en el Escenario I.B.4 se incremento a 777 hm³. Por el contrario, en el 12 ciclo (1995-2000) se presento un déficit para las obligaciones del tratado en la cuenta de referencia Baseline Run de 488.9 hm³, el cual se disminuyo en el Escenario I.B.4 a 424 hm³.

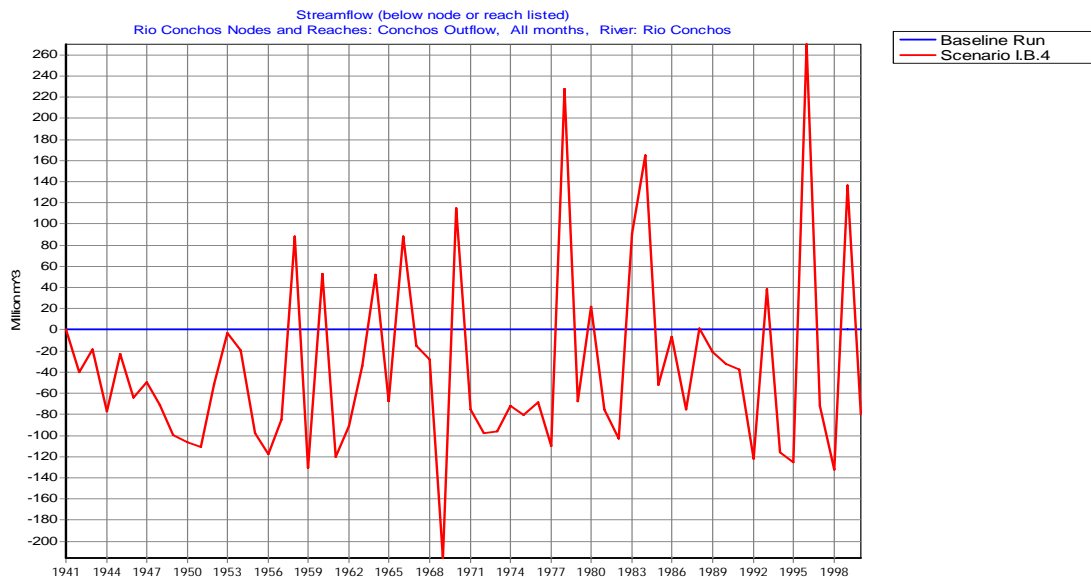


Figura 91. Comparación del escurrimiento del Río Conchos en la confluencia con el Río Bravo/Grande, Baseline Run Vs. Escenario I.B.4.

Tabla 83. Volumen de agua entregado por concepto de obligaciones del tratado, Escenario I.B.4.

Ciclo	Periodo	Duración (Años)	Volumen Comprometido (hm ³)	Baseline Run		Scenario I.B.4	
				Entregado	Diferencia	Entregado	Diferencia
				(hm ³)	(hm ³)	(hm ³)	(hm ³)
1	1940-1945	5	2159	2997.4	838.4	2947.8	788.8
2	1945-1950	5	2159	2462.5	303.5	2352.3	193.3
3	1950-1955	5	2159	1481.3	-677.7	1382.2	-776.8
4	1955-1960	5	2159	3322.0	1163.0	3256.1	1097.1
5	1960-1965	5	2159	2449.8	290.8	2356.4	197.4
6	1965-1970	5	2159	3110.1	951.1	3314.2	1155.2
7	1970-1975	5	2159	4253.7	2094.7	4179.5	2020.5
8	1975-1980	5	2159	4251.5	2092.5	4128.6	1969.6
9	1980-1985	5	2159	3403.0	1244.0	3277.7	1118.7
10	1985-1990	5	2159	3965.5	1806.5	3870.6	1711.6
11	1990-1995	5	2159	4167.5	2008.5	3837.5	1678.5
12	1995-2000	5	2159	1670.1	-488.9	1735.1	-423.9

Acuífero Meoqui

La Tabla 84 y Figura 92 muestran un comparativo entre las cuentas Baseline Run y Scenario I.B.4 del volumen mensual promedio del acuífero Meoqui-Delicias. Todos los porcentajes son calculados con respecto al volumen medio mensual de la cuenta Baseline Run. Al final del periodo de análisis, el almacenamiento del acuífero Meoqui para la cuenta Baseline Run y Scenario I.B.4 fue de 59.47 hm³ y de 2.78 hm³ respectivamente.

Tabla 84. Almacenamiento medio mensual del acuífero Meoqui, Escenario I.B.4.

Mes	Media			
	Baseline Run		Scenario I.B.4	
	(hm ³)	(%)	(hm ³)	(%)
Oct	214.1	90%	226.0	95%
Nov	246.1	103%	256.9	108%
Dic	279.3	117%	288.9	121%
Ene	282.6	118%	290.6	122%
Feb	285.6	120%	292.1	122%
Mar	266.9	112%	270.6	113%
Abr	245.6	103%	250.7	105%
May	236.7	99%	242.4	102%
Jun	217.0	91%	225.9	95%
Jul	198.2	83%	210.2	88%
Ago	192.0	80%	205.4	86%
Sep	200.7	84%	212.9	89%
Media	238.7	100%	247.7	104%

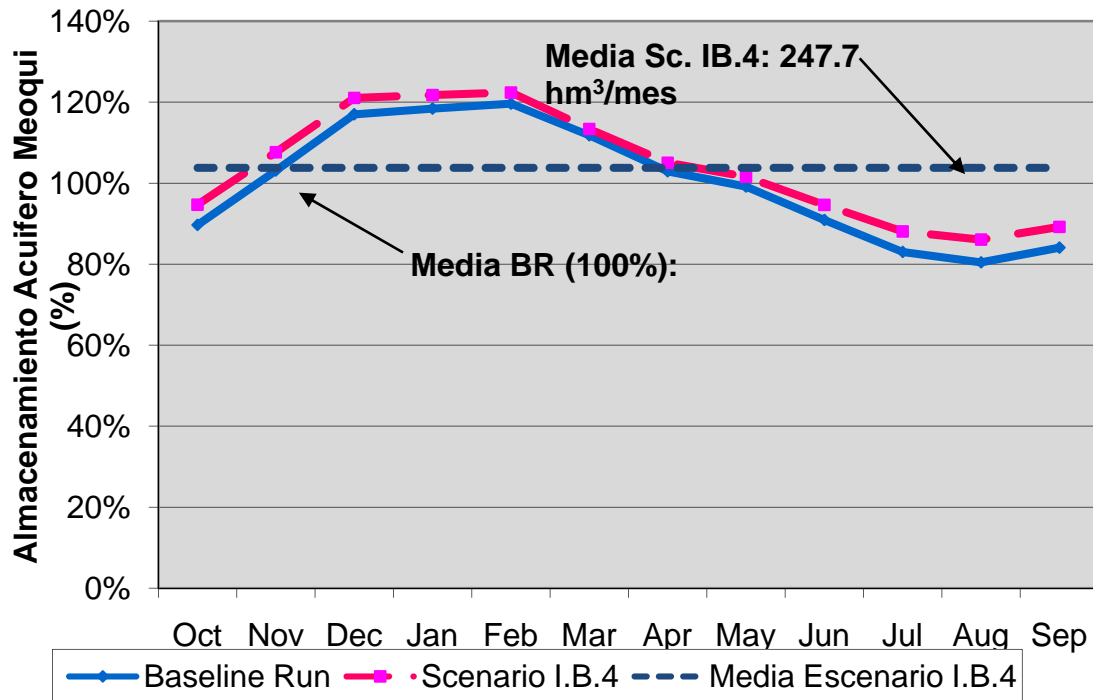


Figura 92. Almacenamiento mensual medio del acuífero Meoqui, Escenario I.B.4

La Figura 93 muestra el almacenamiento registrado para las cuentas Baseline Run y Escenario I.B.4 del acuífero Meoqui. Como se puede apreciar, debido a la aplicación conjunta del banco de agua con las medidas de conservación del agua, en el almacenamiento del acuífero Meoqui se presentó una oscilación del almacenamiento, presentando un mayor volumen de almacenamiento en épocas de abundancia de agua superficial, y un menor volumen en épocas de sequía. En esta figura también se puede apreciar que debido a las medidas de conservación del agua, la recarga del acuífero es menor por lo que es susceptible a disminuir su volumen y vaciarse completamente.

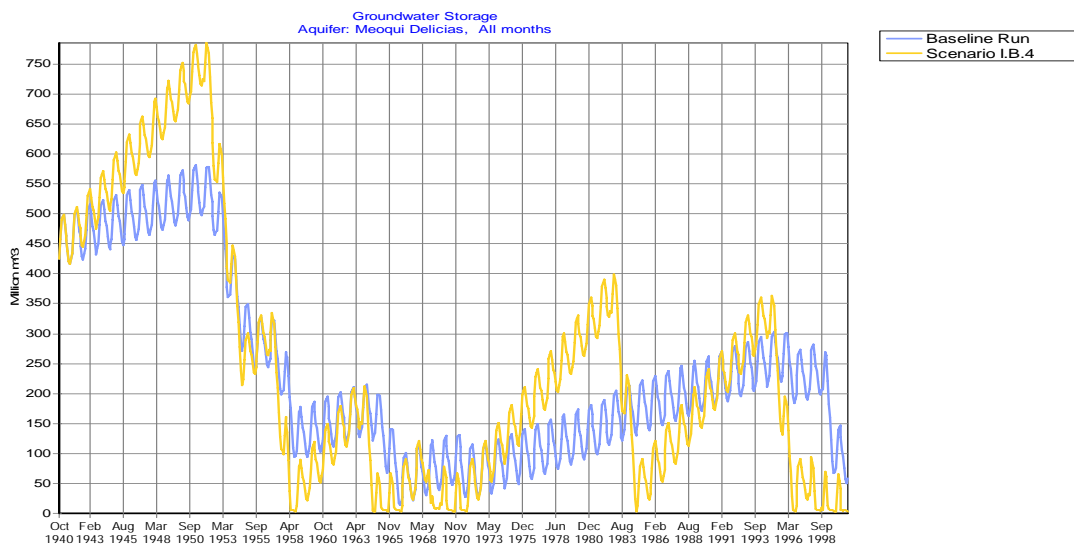


Figura 93. Comparativo del almacenamiento del Acuífero Meoqui, Escenario I.B.4.

La Figura 93 muestra la dependencia del acuífero Meoqui a los volúmenes de recarga provenientes de la infiltración de agua debido a la conducción en los canales. Estos resultados están basados de acuerdo a los porcentajes de infiltración y evaporación propuestos en el Escenario II.A.1 sección “*Descripción del modelo de simulación previo a la tecnificación y modernización.*” y Escenario II.A.1.a sección “*Simulación de las medidas de conservación de agua mediante el proyecto de tecnificación y modernización del DR-005 establecido en el Acta 309*”. **Es necesaria una investigación a detalle de los porcentajes de evaporación e infiltración propuestos para la validación de estos resultados.**

Criterios de desempeño

La Tabla 85 y Figura 94 muestran la confiabilidad para los distritos de riego. La

Tabla 86 y Figura 95 muestran la confiabilidad para los usos Público-Urbanos

Tabla 85. Confiabilidad para distritos de riego, Escenario I.B.4

Distrito de Riego	Concesión (hm ³ /año)	Confiabilidad (%)	
		Baseline Run	Escenario I.B.4
DR-005 Delicias	906.07/673.01	76.5	93.1
DR-025 Bajo Rio Bravo	861.0	97.4	98.2
DR-090 Bajo Rio Conchos	85.0	100.0	100.0
WMS 8 Agriculture A	374.3	22.5	24.9
WMS 9-13 Agriculture A	1427.2	22.5	24.9

Tabla 86. Confiabilidad para usos público-urbanos, Escenario I.B.4

Uso Público-Urbano	Concesión (hm ³ /año)	Confiabilidad (%)	
		Baseline Run	Escenario I.B.4
Matamoros	48.0	100.0	100.0
Nuevo Laredo	36.1	100.0	100.0
Piedras Negras	36.0	100.0	100.0
Reynosa	67.0	100.0	100.0
Brownsville	51.5	100.0	100.0
Eagle Pass	9.5	100.0	100.0
Laredo	52.7	100.0	100.0
McAllen	0.8	100.0	100.0
WMS 9-13 Municipal	201.5	100.0	100.0

Para los distritos de riego que presentaron una confiabilidad menor al 100%, se calcularon los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo para cada una de estas concesiones. Para los usos Publico Urbanos no es posible calcular los índices de

resiliencia y vulnerabilidad ya que presentaron una extracción promedio y confiabilidad del 100%.

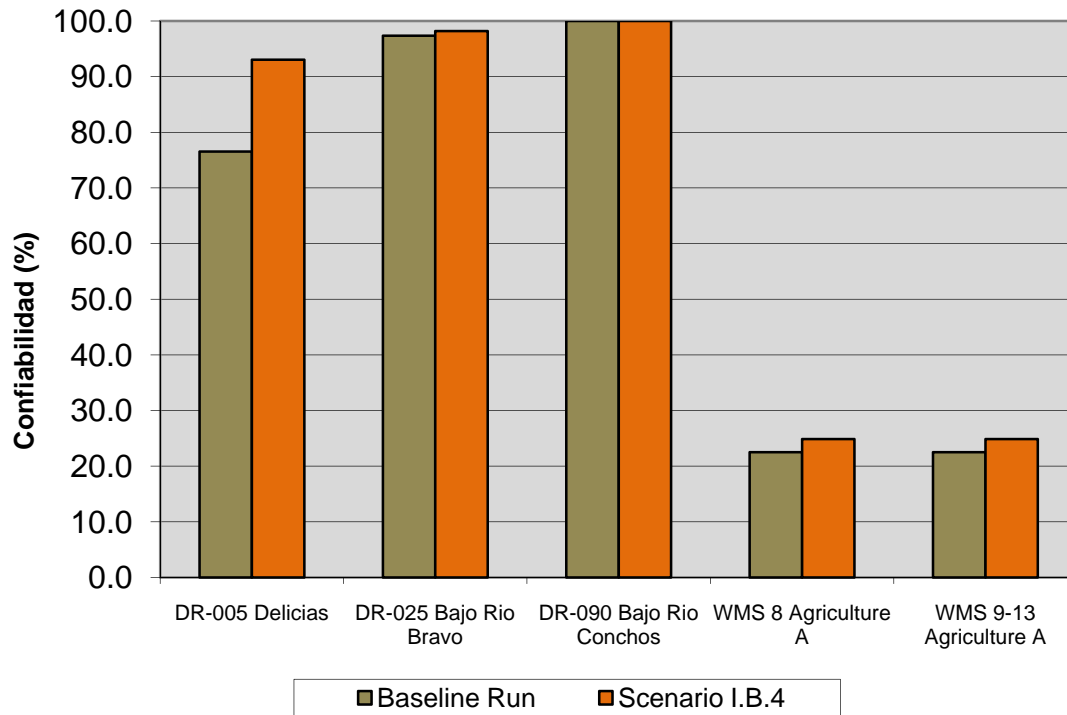


Figura 94. Confiabilidad para distritos de riego, Escenario I.B.4

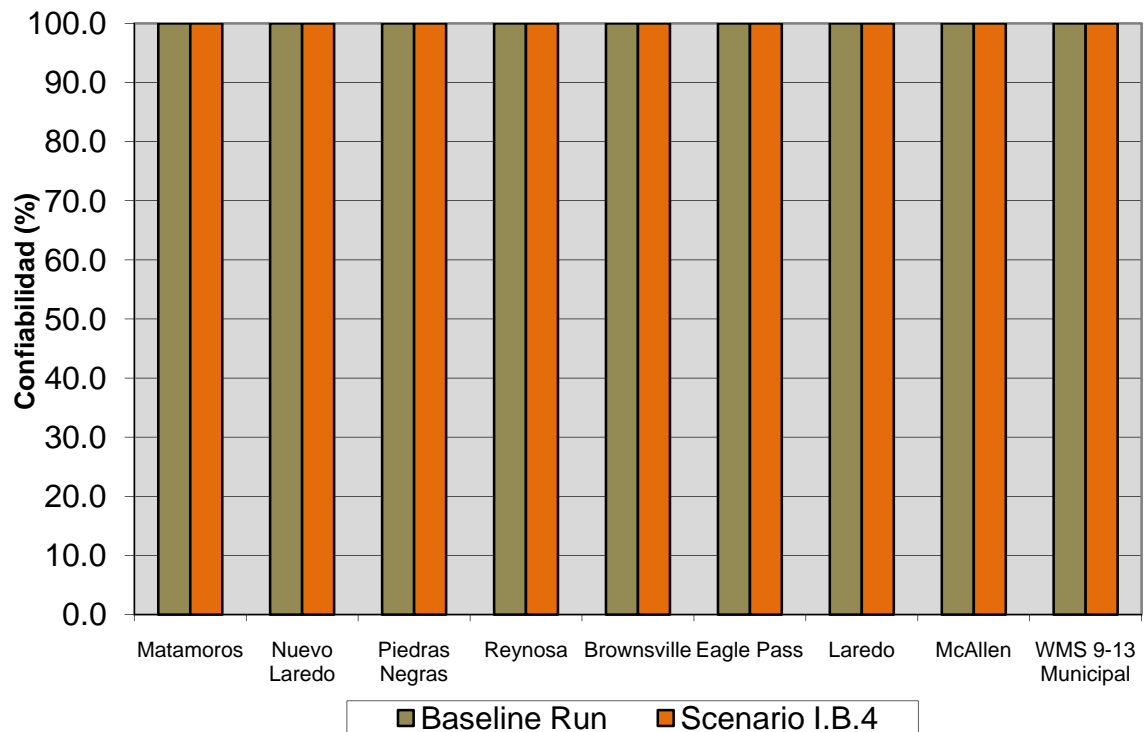


Figura 95. Confiabilidad para usos Público-Urbanos, Escenario I.B.4

La Tabla 87 y Figura 96 muestran los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo experimentado para los distritos de riego.

Tabla 87. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y déficit máximo para los distritos de riego que presentaron déficit en su extracción, cuenta Escenario I.B.4.

	DR-005		DR-025		WMS 8 "A"		WMS 9-13 "A"	
	BR	I.B.4	BR	I.B.4	BR	I.B.4	BR	I.B.4
Total de periodos	720	720	720	720	720	720	720	720
Periodos con Déficit	169	50	20	13	554	542	554	542
Confiabilidad (%)	76.5%	93.1%	97.2%	98.2%	23%	25%	23%	25%
Periodos regresando de un déficit	6	14	5	3	15	13	15	13
Resiliencia (%)	4%	28%	25%	23%	3%	2%	3%	2%
Volumen de déficit (hm ³)	2912.5	959.4	966.5	568.6	6866.0	6644.3	26182.9	25317.2
Vulnerabilidad* (%Concesión/mes)	2%	3%	6%	5%	3%	3%	49%	48%
Déficit Máximo* (%Concesión)	7%	5%	14%	13%	10%	9%	10%	9%
Concesión (hm³/año)	906.1	673.0	861.0	861.0	374.3	374.3	1427.2	1427.2

* Porcentajes obtenidos con respecto al volumen de concesión¹.

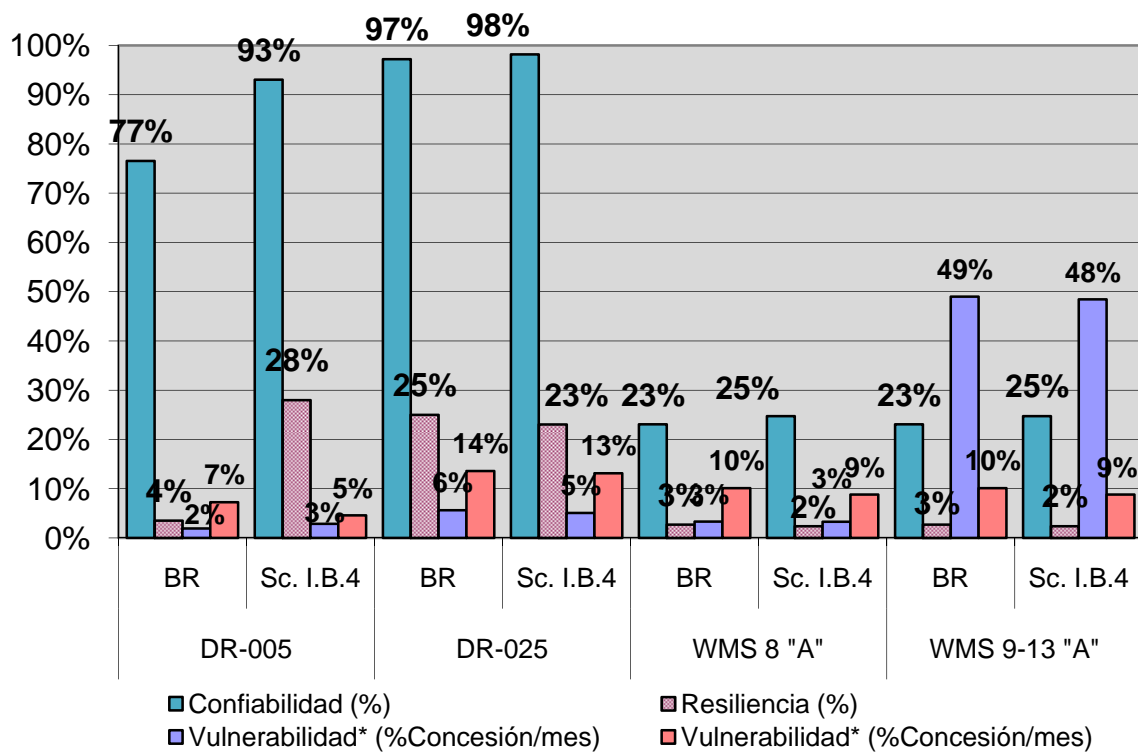


Figura 96. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y Déficit Máximo para los distritos de riego que presentaron déficit en su extracción, cuenta Escenario I.B.4.

De estos resultados se puede observar que todos los distritos de riego que presentaron un incremento en su confiabilidad. La confiabilidad del DR-005 Delicias, DR-025 Bajo Río Bravo, WMS 8 Agriculture “A” y WMS 9-13 Agriculture “A” se incremento pasando del 77 a 93%, de 97.2 a 98.2%, de 23 a 25% y de 23 a 25% respectivamente, debido a que los volúmenes ahorrados por la aplicación de las medidas de conservación del agua, fueron banqueados y asignados al DR-005. Además, se presento un incremento en la resiliencia del DR-005 Delicias del 4 al 28%, con respecto a su volumen de concesión.

Presas

La **Tabla 88** muestra el Almacenamiento medio mensual, mínimo y máximo para las presas seleccionadas. La **Figura 97** muestra estos resultados como porcentaje del NAMO de cada una de las presas.

Las presas La Boquilla y F. Madero presentaron un incremento en su almacenamiento medio, pasando de 59 a 68% y de 58 a 70%, respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa. Por el contrario, las presas Amistad, Falcon y Luís. L. León sufrieron una disminución marginal en su almacenamiento medio, pasando de 87 a 86%, de 82 a 81% y de 108 a 107%, respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa.

Tabla 88. Comparativo del Almacenamiento Medio Mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presas La Boquilla, F. Madero, Luís L. León, Amistad y Falcon, cuenta Escenario I.B.4.

Presa	Cuenta	NAMO (hm ³)	Media (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Amistad	BR	3887	87%	36%	116%
	Sc. I.B.4		85%	30%	116%
F. Madero	BR	348	58%	9%	100%
	Sc. I.B.4		65%	23%	100%
Falcon	BR	3273	82%	35%	107%
	Sc. I.B.4		80%	30%	107%
La Boquilla	BR	2903	59%	9%	100%
	Sc. I.B.4		65%	18%	100%
Luis L. León	BR	356	108%	52%	140%
	Sc. I.B.4		106%	45%	140%

Debido a que las medidas de conservación del agua en el DR-005 Delicias son almacenadas en las presas La Boquilla y F. Madero, estas dos presas sufrieron un incremento en su almacenamiento. La Figura 98 y Figura 99 muestran el comparativo del almacenamiento entre el escenario de referencia Baseline Run y el Escenario I.B.4. A su vez, también se muestran los ahorros de agua almacenados en cada presa debido a las medidas de conservación de agua propuestas en el Acta 309.

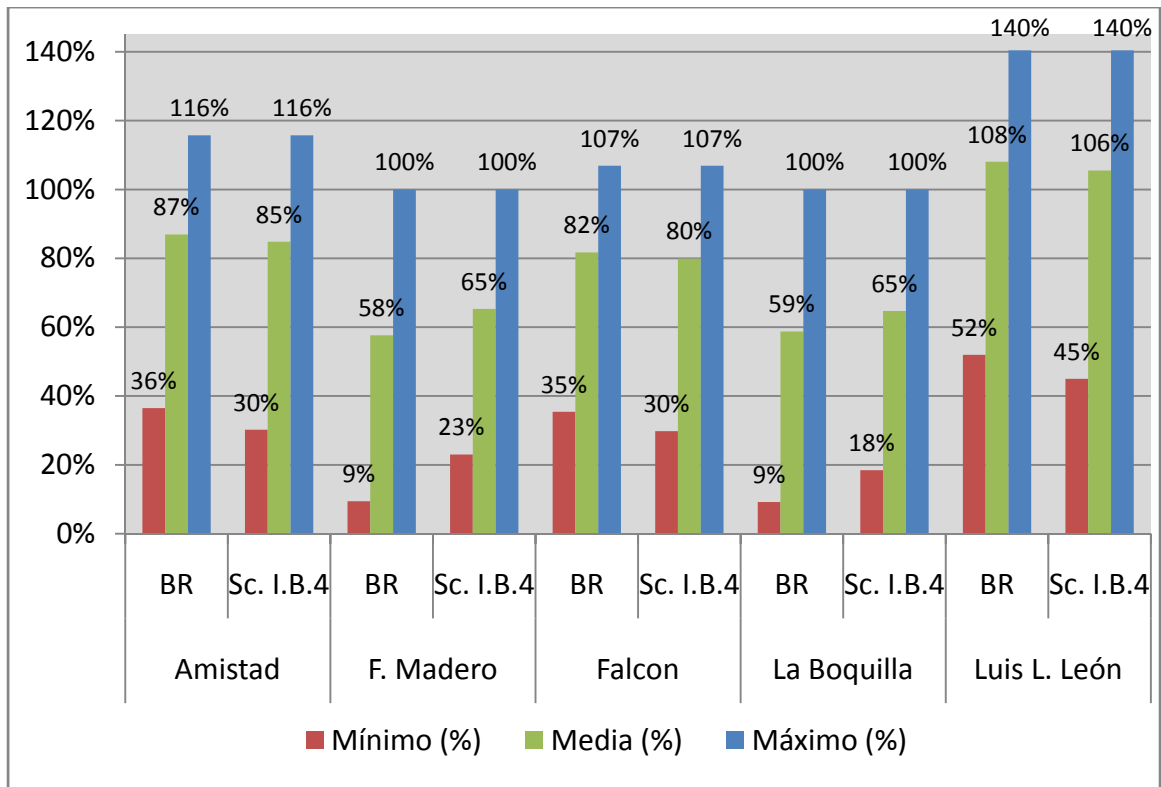


Figura 97. Comparativo del Almacenamiento Medio Mensual y Máximo para la presas La Boquilla, F. Madero, Luís L. León, Amistad y Falcon, Escenario I.B.4.

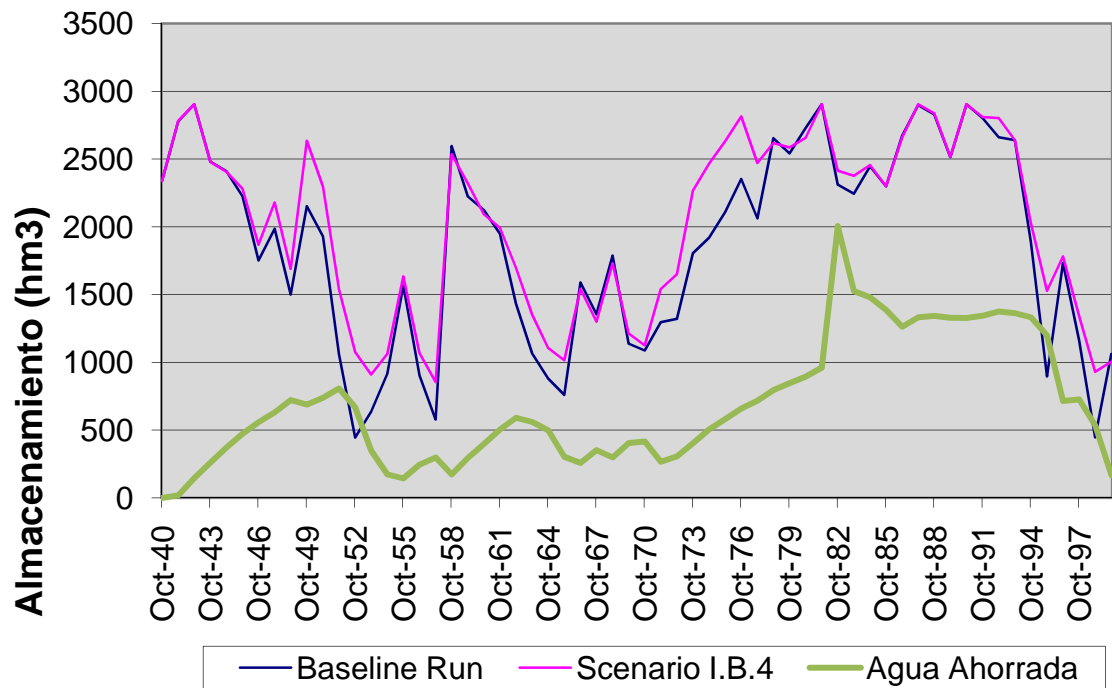


Figura 98. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa La Boquilla, Baseline Run Vs. Escenario I.B.4.

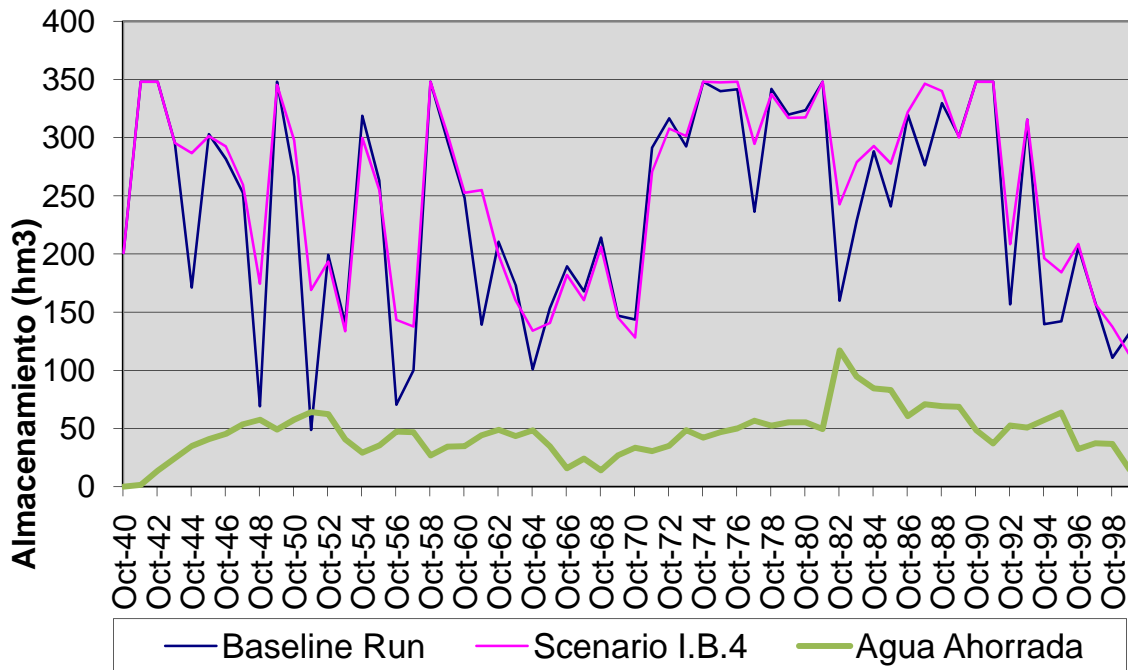


Figura 99. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa F. Madero, Baseline Run Vs. Escenario I.B.4.

El almacenamiento en las presas Amistad, Falcon y Luís L. León no presentan cambios significativos en su almacenamiento, como se muestra en la Figura 101, Figura 101 y Figura 102, respectivamente.

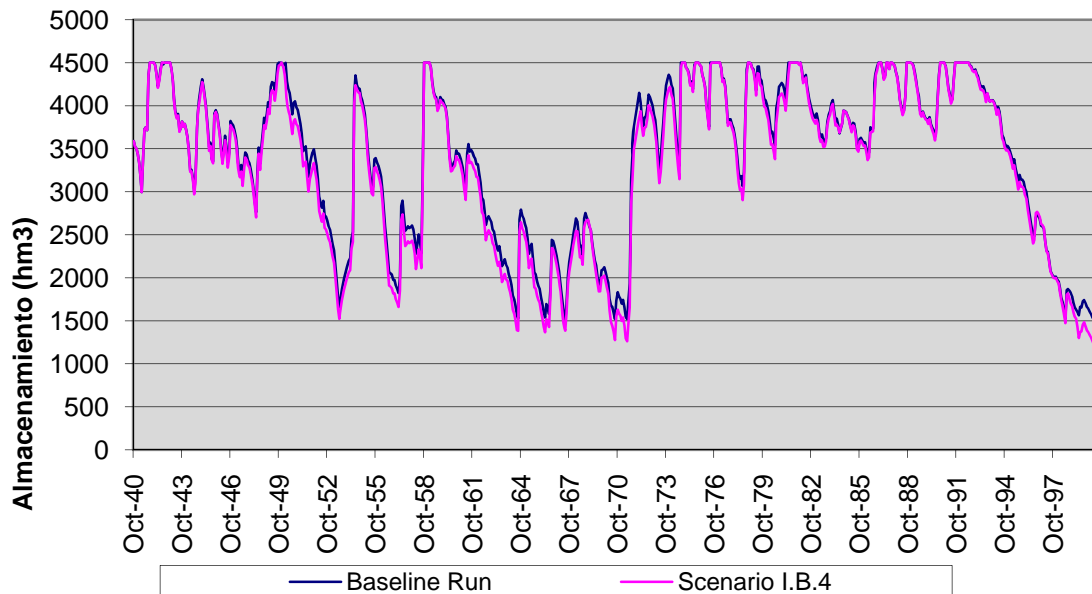


Figura 100. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Amistad, Baseline Run Vs. Escenario I.B.4.

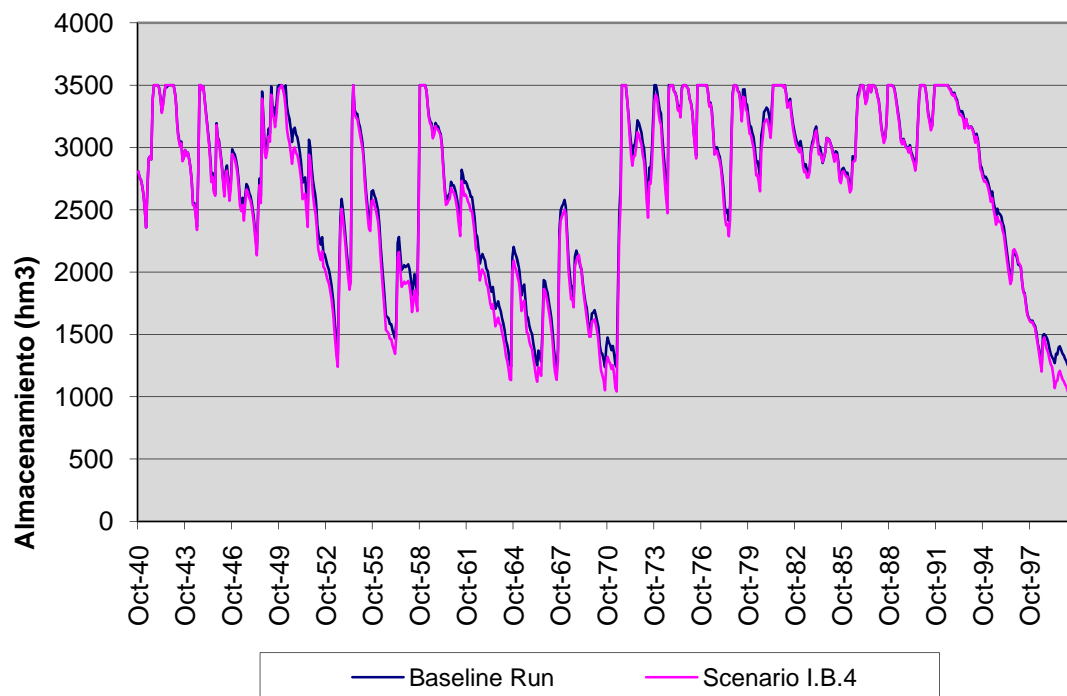


Figura 101. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Falcon, Baseline Run Vs. Escenario I.B.4.

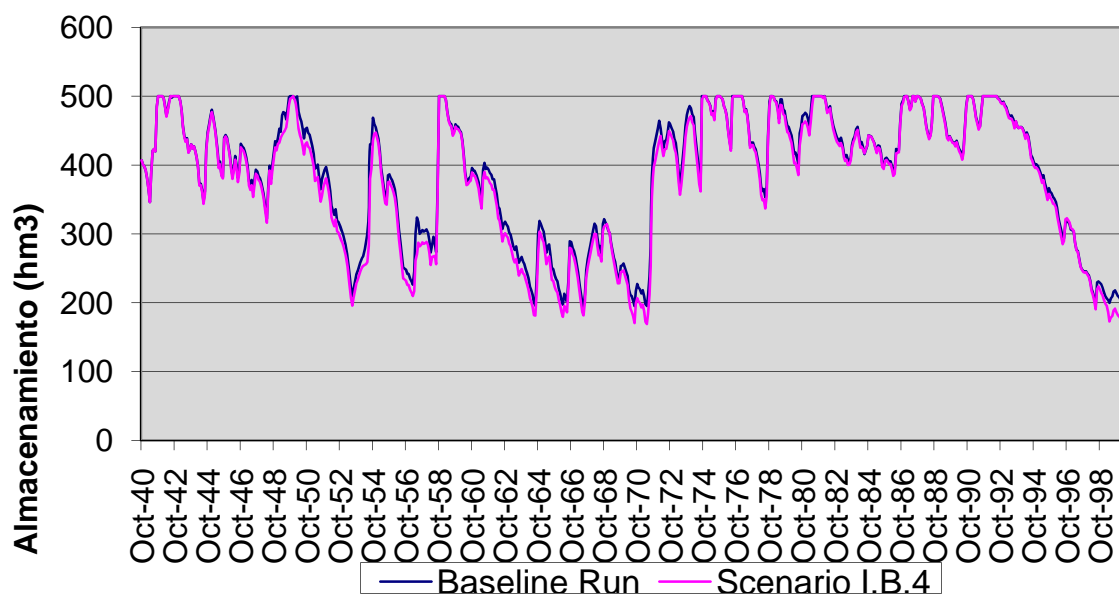


Figura 102. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Luís L. León, Baseline Run Vs. Escenario I.B.4.

Almacenamiento del agua ahorrada debido a las medidas de conservación descritas en el Acta 309 en el banco de agua y en las presas La Boquilla y F. Madero.

La **Figura 103** muestra el almacenamiento propuesto al principio del año hidrológico, el almacenamiento real y el almacenamiento de los ahorros en las presas La Boquilla y F. Madero. La **Figura 104** muestra el almacenamiento de los volúmenes ahorrados en las presa La Boquilla y F. Madero. El almacenamiento propuesto al principio del año hidrológico está en función del volumen de extracción de las presas La Boquilla y F. Madero el cual a su vez, está en función del almacenamiento disponible en las presas para abastecer al DR-005 Delicias y para banquear el agua en el Acuífero Meoqui. El volumen inicial propuesto es calculado de acuerdo a lo establecido en el Acta 309 sostenida entre la CILA y el IBWC. El volumen de ahorro real considera los volúmenes de evaporación perdidos debido al almacenamiento en presas. La Figura 103 también muestra el almacenamiento en las presas La Boquilla y F. Madero de los volúmenes ahorrados.

Tabla 89. Volúmenes promedio, mínimo y máximo de ahorros propuesto, real, ahorro en La Boquilla y F. Madero, Escenario II.A.1.a.

	Media		Mínimo (hm ³ /año)	Máximo (hm ³ /año)
	(hm ³ /año)	(%)		
Maximo Volumen Propuesto	343.0	N/A	N/A	N/A
Volumen propuesto	177.4	N/A	128.3	328.9
Volumen Real Ahorrado	87.6	49.4%	-34.5	254.8
Volumen Ahorrado en La Boquilla	82.6	94.3%	-39.1	227.7
Volumen Ahorrado en F. Madero	5.3	6.0%	-21.7	27.1

N/A.- No aplica

La Tabla 89 muestra el resumen de los volúmenes ahorrados en el Escenario I.B.4 en las presas La Boquilla y F. Madero. **En promedio, el ahorro inicial propuesto al principio del año hidrológico es de 177.4 hm³.** Este valor contrasta con el ahorro máximo propuesto de 343 hm³/año. Además, **el ahorro real promedio es de 87.6 hm³/año.** Realizando una relación entre el volumen inicial propuesto con el volumen real ahorrado nos da un cociente de 0.4938, es decir, **en promedio solo el 49.38% del agua inicial propuesta es ahorrada en la realidad**, debido a las pérdidas por evaporación que se presentan en las presas La Boquilla y F. Madero. Además, en la presa **La Boquilla se almacena en promedio 82.6 hm³/año** del agua ahorrada, volumen que representa el 94.3% del agua real ahorrada por año (87.6 hm³/año). El almacenamiento del agua ahorrada en la presa La Boquilla se presenta en la Figura 104. En la presa **Francisco I. Madero se almacena en promedio 5.0 hm³/año**, volumen que representa el 5.7% del agua real ahorrada por año (87.6 hm³/año). El almacenamiento del agua ahorrada en la presa Francisco Madero se presenta en la Figura 104.

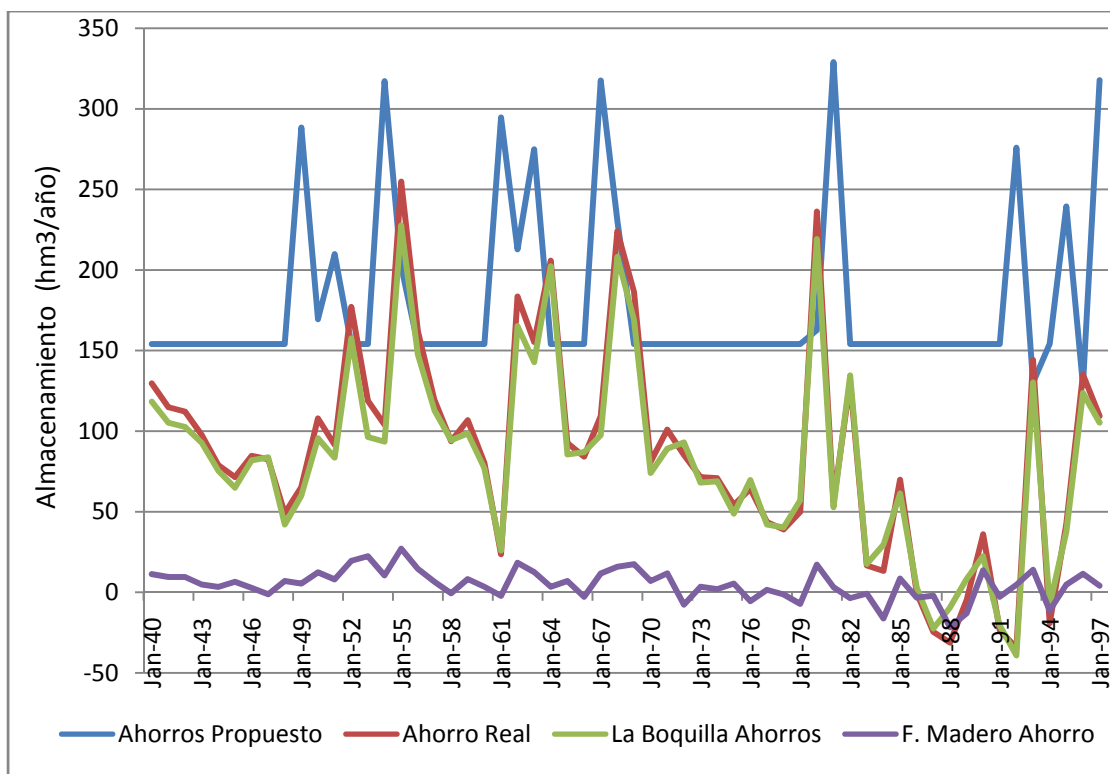


Figura 103. Ahorros propuesto, Real, en la Boquilla y F. Madero debido a las medidas de conservación en las presas La Boquilla y F. Madero, Escenario I.B.4.

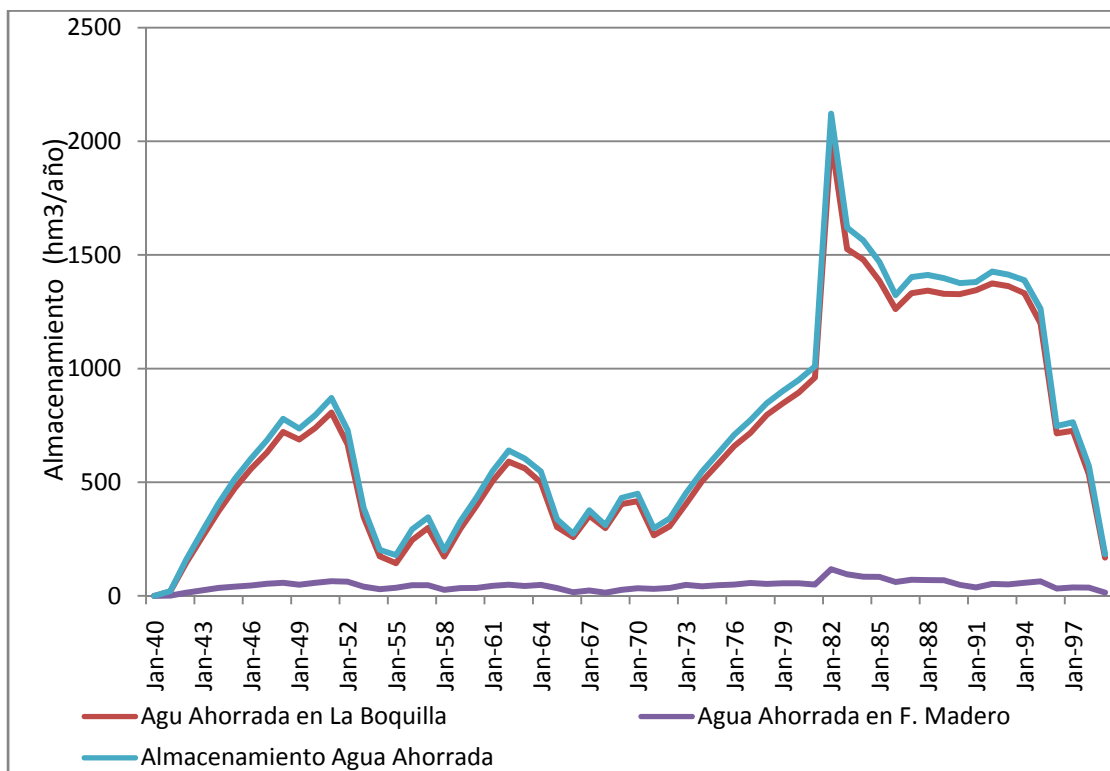


Figura 104. Almacenamiento de los volúmenes ahorrados debido a las medidas de conservación en las presas La Boquilla y F. Madero, Escenario I.B.4.

La Tabla 90 muestra el promedio de los déficits de agua superficial que se presentaron en el DR-005 Delicias. Estos resultados muestran que en **promedio se presenta un déficit de agua superficial de 91.1 hm³/año, volumen que representa un déficit del 16%, con respecto al volumen de concesión de agua superficial (564.9 hm³/año) una vez que las medidas de conservación hayan sido implementadas en el DR-005.**

Tabla 90. Déficit de agua superficial, subterránea, asignación de agua a los déficits total, proveniente de La Boquilla y F. Madero, Escenario I.B.4.

	Media		Mínimo (MCM/year)	Máximo (MCM/year)
	(MCM/year)	(%)		
Deficit de Agua Superficial	91.1	16%	0	410.6
Asignación del agua ahorrada hacia déficit	89.9	16%	0	410.6
Asignación de agua proveniente de La Boquilla	80.4	89%	0	388.0
Asignación de agua proveniente de F. Madero	9.6	11%	0	113.4

Además, en la Tabla 91 se muestra que **la asignación promedio del agua ahorrada para cubrir los déficit de las demanda del DR-005 Delicias es de 80.4 hm³/año**, de los cuales, el 89% (80.4 hm³/año) provienen de la presa La Boquilla y el 11% (9.6 hm³/año) provienen de la presa Francisco I. Madero.

Debido a las medidas de conservación del agua en la cuenca del Río Conchos, se redujeron los coeficientes de infiltración, por lo que la recarga en el acuífero Meoqui se vio reducida. Además, debido a lo establecido en el Acta 309 de la CILA/IBWC, se redujeron los volúmenes de extracción de las presas, por lo que esta acción también redujo la recarga en el acuífero Meoqui. Realizando un análisis del banqueo de agua en el acuífero Meoqui, del volumen propuesto por banquear de 188.959 hm³ (concesión de agua subterránea del DR-005 Delicias), tan solo se banquea en promedio 21.8 hm³/año, debido al decremento en la recarga del acuífero Meoqui antes expuesto. Por lo tanto, **a pesar de que se realiza un intercambio de uso de 188.959 hm³/año de agua subterránea por agua superficial, para el banqueo de agua a través del método *In Lieu*, tan solo se banquean 21.8 hm³/año debido a que las medidas de conservación del agua reducen los coeficientes de infiltración y los volúmenes de escurrimiento en canales.**

La Figura 105 muestra el comparativo del almacenamiento del acuífero Meoqui entre el escenario de referencia Baseline Run y el Escenario I.B.4. A pesar de banquear 188.959 hm³/año, la diferencia entre las dos cuentas cuando el banqueo de agua se lleva a cabo es de tan solo 21.8 hm³/año. Estos resultados están basados de acuerdo a los porcentajes de infiltración y evaporación propuestos en el Escenario II.A.1 sección “*Descripción del modelo de simulación previo a la tecnificación y modernización.*” y Escenario II.A.1.a sección “*Simulación de las medidas de conservación de agua mediante el proyecto de tecnificación y modernización del DR-005 establecido en el Acta 309*”. **Es necesaria una**

investigación a detalle de los porcentajes de evaporación e infiltración propuestos para la validación de estos resultados.

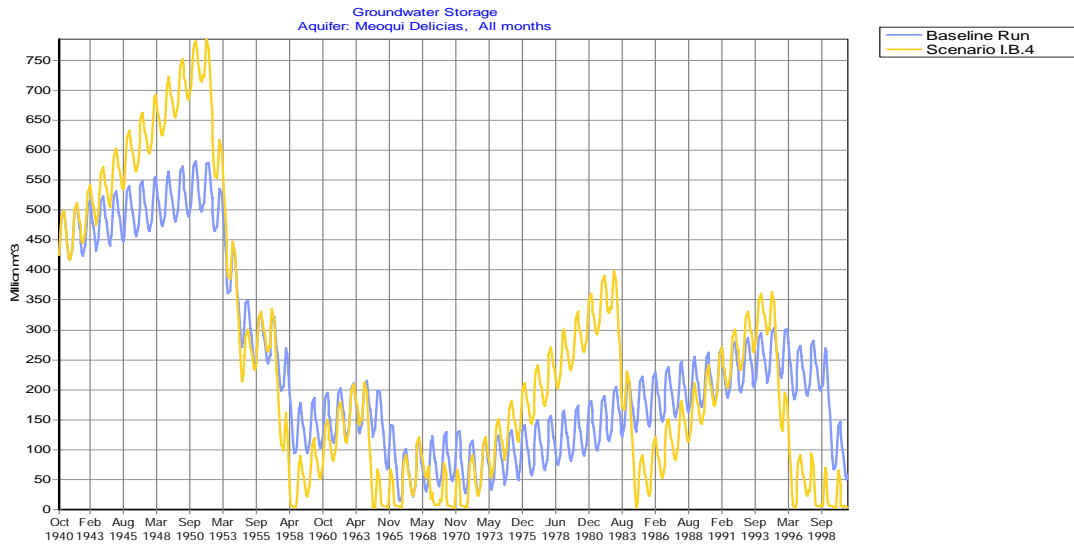


Figura 105. Comparativo del almacenamiento del Acuífero Meoqui, Escenario I.B.4.

Conclusiones

El uso conjunto del banco de agua a través del método *In Lieu* y las medidas de conservación del agua establecidas en el Acta 309 de la CILA/IBWC es muy recomendable, ya que de esta forma se realiza un manejo sustentable de las fuentes de abastecimiento que proveen de agua al DR-005 Delicias. Por una parte, debido a las medidas de conservación del agua, en las presas La Boquilla y F. Madero se presentó un mayor almacenamiento, lo cual repercutió en un incremento en la extracción media y confiabilidad del DR-005. Por otra parte, debido al banco de agua, se presentó una mayor disponibilidad de agua subterránea en época de sequías para el DR-005 Delicias. A pesar de que se realizó el banco de agua en el Acuífero Meoqui, su almacenamiento se vio afectado ya los volúmenes de recarga se disminuyeron debido a las medidas de conservación del agua.

Los resultados del Escenario I.B.4 muestran que un manejo interactivo entre el abastecimiento de agua superficial y subterránea, permite a la mayoría de los distritos de riego analizados (DR-005 Delicias, DR-025 Bajo Río Conchos, WMS 8 Agriculture “A” y WMS 9-13 Agriculture “A”) incrementar su volumen de extracción media, disponibilidad, lo cual muestra que esta política que brinda beneficios tanto dentro como fuera de la cuenca del Río Conchos, para ambos países.

Realizando un análisis de los ahorros de agua propuestos en el Acta 309 y los resultados obtenidos por el modelo, se estima que el ahorro inicial promedio propuesto es tan solo el 52% (177.4 hm³) del máximo volumen de ahorro de agua declarado en el Acta 309 (343

hm³/año). A su vez, **del ahorro inicial promedio (177.4 hm³) solo el 49% de esta agua es ahorrada y almacenada (87.6 hm³/año) en las presas La Boquilla y F. Madero, debido a que en promedio el 51% se pierde por evaporación en las presas.** El agua ahorrada se distribuye de la siguiente forma: 94% en La Boquilla (82.6 hm³/año) y 6% en F. Madero (5.0 hm³/año).

El déficit promedio de agua superficial es del 16% (91.1 hm³/año) con respecto al volumen de concesión de agua superficial (564.9 hm³/año). **La asignación promedio del agua ahorrada para cubrir el déficit de agua superficial del DR-005 Delicias es del 99% (89.9 hm³/año) del déficit de agua superficial**, de los cuales, el 89% (80.4 hm³/año) provienen de la presa La Boquilla y el 11% (9.6 hm³/año) provienen de la presa Francisco I. Madero.

Realizando un análisis del banco de agua, se obtuvieron resultados importantes. Primero, el banqueo de agua solo se presento cuando el almacenamiento disponible, en las presas La Boquilla y F. Madero en conjunto, fuese mayor a 857 hm³. Segundo, a pesar de realizar un intercambio de agua subterránea por agua superficial de 189 hm³/año, tan solo 22 hm³/año pudieron ser banqueados, debido a la reducción de los coeficientes de infiltración y al volumen de conducción en los canales por la aplicación del Acta 309. Tercero, a pesar de realizar un manejo conjunto del agua superficial y agua subterránea, debido a la disminución de los volúmenes de recarga, el acuífero Meoqui es susceptible a sufrir severos abatimientos en su almacenamiento.

A pesar de esto, es recomendable el uso conjunto del banqueo de agua con las medidas de conservación del agua, ya de esta forma se realiza un uso adecuado del agua superficial y del agua subterránea; y no se sobre-explotan las fuentes de abastecimiento, como sucede en el escenario II.A.1.a y II.A.1.b. el agua subterránea. Es necesaria una investigación a detalle para conocer las características hidrogeológicas del acuífero Meoqui, así como la interacción de este acuífero con el agua superficial.

Escenario ID Créditos de agua del Río San Juan para cumplir con la obligación de los suministros de agua considerados en el tratado.

En este escenario se evalúa la aportación del Río San Juan como tributario al tratado de 1944 en caso de escases de envío de agua a las obligaciones del tratado de 1944. Las condiciones de escases fueron definidas de dos formas; cuando en el quinto año de un ciclo de 5 años, el déficit de entregas al tratado sea mayor a 431.721 hm^3 o cuando al final de un ciclo, se presente déficit en el volumen de agua entregada a las obligaciones del tratado.

Resumen de Resultados

El Escenario II.C.1 del proyecto de escenarios de Manejo del agua para la cuenca del Río Grande/ Bravo, fue elaborado considerando el envío extraordinario de agua del Río San Juan a las obligaciones del tratado en épocas de escases de envío de agua al tratado, las cuales fueron definidas cuando en el quinto año de un ciclo de 5 años, el déficit de entregas al tratado sea mayor que 431.721 hm^3 o cuando al final de un ciclo, se presente déficit en el volumen de agua entregada a las obligaciones del tratado.

El envío de agua proveniente del Río San Juan, en épocas de escases de envío de agua por obligaciones del tratado, afecta al DR-025 Bajo Río Bravo y al uso Público-Urbano de Monterrey ya que disminuye su extracción promedio y confiabilidad. El distrito de riego DR-025 Bajo Río Bravo presento una reducción en su extracción promedio de 97.8 a 95%, sin embargo, su confiabilidad no presento cambio alguno, pasando de 92.8 a 92.9%. Por el contrario, el WMS 8 Agriculture A y WMS 9-13 Agriculture A presentaron un ligero incremento en su extracción promedio de 69 a 71% y de 69 a 71%, respectivamente, y en su confiabilidad, de 29.4 a 30% y de 29.4 a 30% respectivamente. Los distritos de riego DR-026 Bajo San Juan y DR-031 Las Lajas presentaron una extracción promedio y confiabilidad del 100%, no presentando cambio alguno con respecto al escenario de referencia. El uso Público-Urbano del Área Metropolitana de Monterrey presento una disminución en su extracción promedio de 95 a 93% y en su confiabilidad de 75.1 a 74.3%, con respecto al escenario de referencia. Los usos Público-Urbano de Matamoros, Reynosa, Brownsville, McAllen y WMS 9-13 Municipal presentaron una extracción promedio y confiabilidad del 100%, no presentando cambio alguno con respecto al escenario de referencia.

Para las obligaciones del tratado de 1944, ninguno de los seis ríos tributarios presento cambio alguno en el envío de agua por concepto de obligaciones del tratado. En lo referente al Río San Juan, su escurrimiento promedio para el escenario de referencia Baseline Run y el Escenario I.D es de 391.2 y $401.5 \text{ hm}^3/\text{año}$, respectivamente. Además, en el Escenario I.D se presentaron 3 años de escases, 1955, 1956 y 2000; en los cuales, el déficit al inicio del quinto año fue mayor a 431.721 hm^3 o al final de un ciclo de 5 años se presento un déficit en las obligaciones del tratado. En 1955 se extrajo un volumen de 521 hm^3 del Río San Juan para abastecer el déficit de cuatro años previos. Debido a este envío de agua y a las aportaciones en el quinto año de los afluentes establecidos en el tratado, el

déficit en las obligaciones por el tratado se redujo a 523 hm³, cantidad que fue el déficit en las obligaciones del tratado para este ciclo. En adición, en el primer año del cuarto ciclo se envió 434.6 hm³ provenientes del San Juan para reducir el déficit del tratado del ciclo previo a 89 hm³. Al final del 4 ciclo del tratado, se presentó un envío mayor al establecido en el tratado, por lo que el déficit del tratado del ciclo anterior fue cubierto. Por otra parte, en el 2000 se extrajo un volumen de 420 hm³ del Río San Juan para abastecer el déficit de cuatro años previos. Debido a este envío de agua y a las aportaciones en el quinto año de los afluentes establecidos en el tratado, el déficit en las obligaciones por el tratado se redujo a 416 hm³. En resumen para las obligaciones del tratado, en el tercer ciclo del tratado (1950-1955) se disminuyó el déficit de obligaciones del tratado en 154.4 hm³ (de -677.7 hm³ a -523.3 hm³). De igual forma, en el ciclo 12 (1995-2000) se disminuyó el déficit por obligaciones del tratado en 73.2 hm³ (de -488.9 hm³ a -415.7 hm³). Las presas Amistad, Falcon, Marte R. Gómez y Las Blancas no presentaron cambio en su almacenamiento medio, permaneciendo en 87%, 82%, 80% y 99% respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa. La presa El Cuchillo fue la única presa que presentó cambio en su almacenamiento medio, pasando de 90 a 87%, con respecto al NAMO.

Antecedentes

En este escenario se evalúa las aportaciones que pudiera hacer el Río San Juan a las obligaciones del tratado en épocas de sequía, **solo como un afluente temporal en caso de que sea inminente un déficit en las obligaciones del tratado.** En la primera parte de este escenario se describe las características de las presas El Cuchillo y Marte R. Gómez; así como de los distritos de riego DR-031 Las Lajas y DR-026 Bajo Río San Juan; y de la concesión para el Área Metropolitana de Monterrey. En la segunda parte de este reporte se describe las consideraciones asumidas para la modelación de este escenario. Finalmente, en la tercera parte se presentan los resultados del escenario.

Sistema de presas El Cuchillo y Marte R. Gómez.

La Tabla 92 muestra los datos del NAME, NAMO, NAMINO y la fecha de inicio de operaciones para las presas El Cuchillo y Marte R. Gómez. El volumen útil del sistema es de 1844.8 hm³.

Tabla 92. Capacidad Total, útil, NAME, NAMINO, Volumen para Control de Avenidas e Inicio de operación de las presas El Cuchillo y Marte R. Gómez*.

Presa	Capacidad de la Presa (hm3)	NAMO (hm3)	NAMINO (hm3)	Capacidad Util (hm3)	Volumen para Control de Avenidas (hm3)	Fecha de Inicio de Operación
El Cuchillo	1784.0	1123.0	100.0	1023.0	661.0	Oct-1994
Marte R. Gomez	2303.9	830.0	8.2	821.8	1473.9	Ene-1935
Total				1844.78	2134.92	

* Datos provistos por la Comisión Nacional del Agua.

Concesiones en la Cuenca del Río San Juan

Distrito de Riego DR-026 Bajo Río San Juan

El volumen anual concesionado para el DR 026 Bajo San Juan es de 464.083 hm³/año. Esta cantidad está dividida en dos fuentes de abastecimiento, una mediante el bombeo de agua del Río Bravo hacia el DR-026 (41.242 hm³/año) y otra proveniente de la presa Marte R Gómez (422.841 hm³/año) (REPDA).

Distrito de Riego DR-031 Las Lajas

El volumen anual concesionado establecido para este distrito de riego es 24 hm³/año. Este es la cantidad de agua especificada en la concesión y no incluye ninguna pérdida por conducción (REPDA).

Área Metropolitana de Monterrey

El área metropolitana de Monterrey tiene una concesión de 187.932 hm³, la cual es abastecida por las presas Rodrigo Gómez “La Boca”, la presa El Cuchillo, así como por la extracciones de los manantiales Manantial Los Jacales, Ojo de Agua y de los arroyos La Estanzuela y Los Elizondo. La Tabla 93 muestra las fuentes y volúmenes de abastecimiento para el área metropolitana de la Ciudad de Monterrey.

Tabla 93. Fuentes y volumen de abastecimiento primario para el Área Metropolitana de la Ciudad de Monterrey.

Fuente de Abastecimiento	Volumen (hm3)	Uso
Presa El Cuchillo	150.742	Publico Urbano
Presa Rodrigo Gomez "La Boca"	29.000	Publico Urbano
Arroya la Estanzuela	6.307	Publico Urbano
Manantial Los Jacales	0.000	Publico Urbano
Manantial Ojo de Agua	0.000	Publico Urbano
Arroyo Los Elizando	1.883	Publico Urbano
Total	187.932	

* Datos verificados en el REPDA.

Además, se cuenta con la concesión para el trasvase de agua de la Presa Cerro Prieto por un volumen de 168 hm³/año. Este volumen de considerara solo cuando las fuentes de abastecimiento primarias no sean capaces de abastecer en primera instancia al área metropolitana de la Ciudad de Monterrey.

Consideraciones asumidas para el envío del agua proveniente del Río San Juan a las Obligaciones del Tratado.

La consideración de sequía o de escases de escurrimiento superficiales fue considerada de la siguiente manera:

1. Si al principio del quinto año de un ciclo de 5 años, el déficit de entregas de agua por concepto del tratado es mayor a 431.721 hm^3 , es decir, se considera que es casi inminente un déficit en las obligaciones del tratado de 1944.
2. Si al término de un ciclo de 5 años se presentó un déficit en las obligaciones del tratado.

Solo bajo estas dos condiciones se considero la posibilidad de enviar y contabilizar el agua proveniente del Río San Juan como volumen de agua entregada a las obligaciones del tratado.

El volumen de agua enviada del Río San Juan para ayudar al cumplimiento del tratado fue considerado de forma tal que no afecte el suministro de agua a los distritos de riego 031 La Lajas, 026 Bajo Río San Juan y a la Ciudad de Monterrey. Las consideraciones fueron las siguientes:

1. Se calculo el volumen mínimo de almacenamiento en las presas El Cuchillo y Marte R. Gómez para abastecer a sus respectivos usuarios. Para la presa El Cuchillo, el volumen de almacenamiento mínimo se considero como la suma del volumen del NAMINO (100 hm^3), mas el volumen de concesión del DR-031 Las Lajas (24 hm^3), mas el volumen de concesión del Área Metropolitana de Monterrey proveniente de la presa El Cuchillo (150.742 hm^3), mas las perdidas por conducción de las presa a cada usuario. Para la presa Marte R. Gómez, el volumen mínimo de almacenamiento se considero como la suma del volumen del NAMINO (8.2 hm^3) mas el volumen de concesión del DR-026 Bajo Río San Juan proveniente de la presa Marte R. Gómez (464.083 hm^3), mas las perdidas por conducción de las presa al DR-026.
2. Al inicio de cada ciclo hidrológico (cada mes de Octubre), se midió el almacenamiento en estas presas. La diferencia entre el almacenamiento observado y el almacenamiento mínimo se considero como el almacenamiento disponible. De esta forma se aseguro no afectar a las concesiones ya establecidas en la cuenca del Río San Juan.

Resultados

Concesiones

La Tabla 94 y la Figura 118 muestran el volumen de concesión, la extracción y déficit promedio, así como la extracción mínima en las cuentas Baseline Run y Scenario I.D, para los distritos de riego seleccionados.

Tabla 94. Volumen de concesión, extracción y déficit promedio para los distritos de riego, Escenario I.D.

Distrito de Riego	Cuenta	Concesión (hm ³ /año)	Abastecimiento Promedio (%)	Recorte Promedio (%)	Abastecimiento Mínimo (%)
DR 025 Bajo Rio Bravo	BR	861.0	97.8%	2.2%	61%
	Sc. I.D	861.0	95.0%	5.0%	37%
DR 026 Bajo San Juan	BR	464.1	100%	0%	100%
	Sc. I.D	464.1	100%	0%	100%
DR 031 Las Lajas	BR	24.0	100%	0%	100%
	Sc. I.D	24.0	100%	0%	100%
WMS 8 Agriculture A	BR	374.3	69%	31%	25%
	Sc. I.D	374.3	71%	29%	27%
WMS 9-13 Agriculture A	BR	1427.2	69%	31%	25%
	Sc. I.D	1427.2	71%	29%	27%

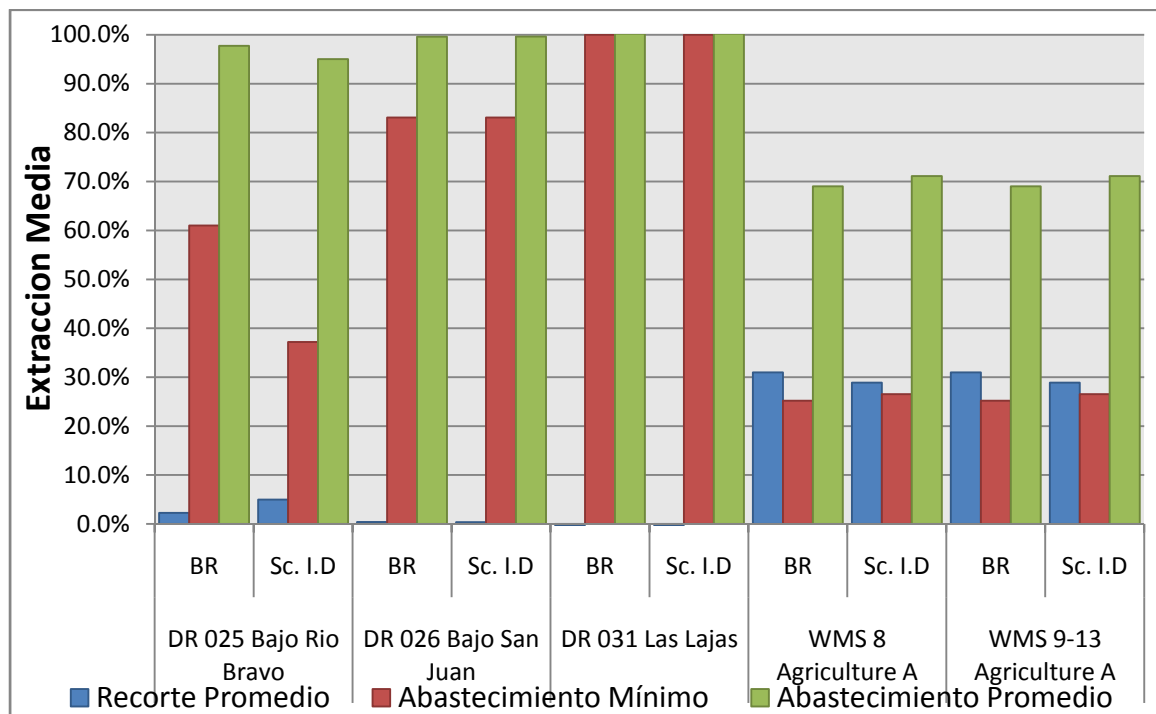


Figura 106. Volumen de concesión, Extracción y déficit promedio para los distritos de riego, Escenario I.D.

La

Tabla 95 muestra el volumen de concesión, la extracción y déficit promedio, así como la extracción mínima en las cuentas Baseline Run y Scenario I.D, para los usos Público-Urbanos seleccionados. La Figura 119 muestra la grafica de estas concesiones de uso público urbano.

Figura 107. Extracción y déficit promedio para los usos Público-Urbano, Escenario I.D.

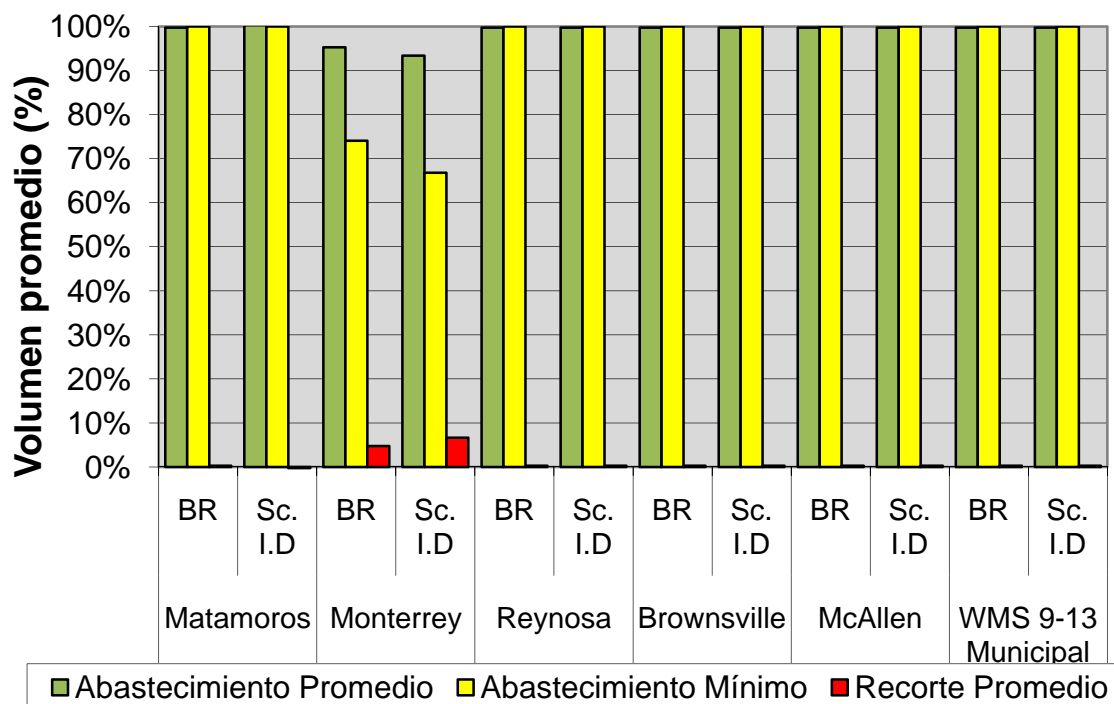


Tabla 95. Volumen de concesión, extracción y déficit promedio para los usos Publico-Urbano, Escenario I.D.

Uso Público Urbano	Cuenta	Concesión (hm ³ /año)	Abastecimiento Promedio (%)	Recorte Promedio (%)	Abastecimiento Mínimo (%)
Matamoros	BR	48.0	100%	0%	100%
	Sc. I.D	48.0	100%	0%	100%
Monterrey	BR	187.9	95%	5%	74%
	Sc. I.D	187.9	93%	7%	67%
Reynosa	BR	67.0	100%	0%	100%
	Sc. I.D	67.0	100%	0%	100%
Brownsville	BR	85.5	100%	0%	100%
	Sc. I.D	85.5	100%	0%	100%
McAllen	BR	0.8	100%	0%	100%
	Sc. I.D	0.8	100%	0%	100%
WMS 9-13 Municipal	BR	201.5	100%	0%	100%
	Sc. I.D	201.5	100%	0%	100%

Ninguno de los distritos de riego evaluados se vio afectado por el envío de agua del Río San Juan al cumplimiento de las obligaciones del tratado. Por el contrario, el abastecimiento al Área Metropolitana de Monterrey presento un ligero decremento en su extracción media, pasando de 95 a 93%, con respecto a su volumen de extracción. Los demás usos Público-Urbanos no presentaron ningún cambio en su extracción, presentando un 100% de extracción media.

Tratado

La Tabla 96 y Figura 120 muestra el volumen medio anual, mínimo y máximo con respecto al volumen medio anual (431.721 hm³/año) destinado al cumplimiento del tratado de 1944 en las cuentas Baseline Run y Scenari I.D para los tributarios del tratado Río Conchos, San Diego, San Rodrigo, Escondido, Salado y Arroyo Las Vacas. La Tabla 97 Muestra el escurrimiento promedio, mínimo y máximo con respecto al volumen medio anual (431.721 hm³/año) destinado al cumplimiento del tratado del Río San Juan.

Tabla 96. Volumen promedio, mínimo, máximo destinado al cumplimiento del tratado de los ríos establecidos en el tratado de 1944, Escenario I.D.

Esgurrimiento	Escenario	Esgurrimiento				Desviación
		Promedio		Mínimo	Máximo	Estándar
		(hm³/año)	(%)			
Arroyo Las Vacas	BR	6.4	1%	0%	7%	4.7
	Sc. I.D	6.4	1%	0%	7%	4.7
Río Conchos	BR	357.4	83%	14%	316%	205.1
	Sc. I.D	357.4	83%	14%	316%	205.1
Río Escondido	BR	31.0	7%	0%	19%	21.6
	Sc. I.D	31.0	7%	0%	19%	21.6
Río Salado	BR	108.3	25%	3%	134%	123.8
	Sc. I.D	108.3	25%	3%	134%	123.8
Río San Diego	BR	73.1	17%	7%	40%	36.3
	Sc. I.D	73.1	17%	6%	40%	36.3
Río San Rodrigo	BR	49.6	11%	1%	68%	49.7
	Sc. I.D	49.6	11%	1%	68%	49.7
Obligaciones del Tratado	BR	625.8	145%	62%	371%	298.2
	Sc. I.D	625.8	145%	62%	371%	298.2

Tabla 97. Volumen promedio, mínimo, máximo de escurrimiento del Río San Juan en la confluencia con el Río Bravo/Grande, Escenario I.D.

Esgurrimiento	Escenario	Esgurrimiento			Desviación Estándar (hm ³ /año)
		Promedio	Mínimo	Máximo	
		(hm ³ /año)	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)	
Rio San Juan	BR	391.2	0.0	2562.2	571.8
	Sc. I.D	401.5	0.0	2573.7	553.0

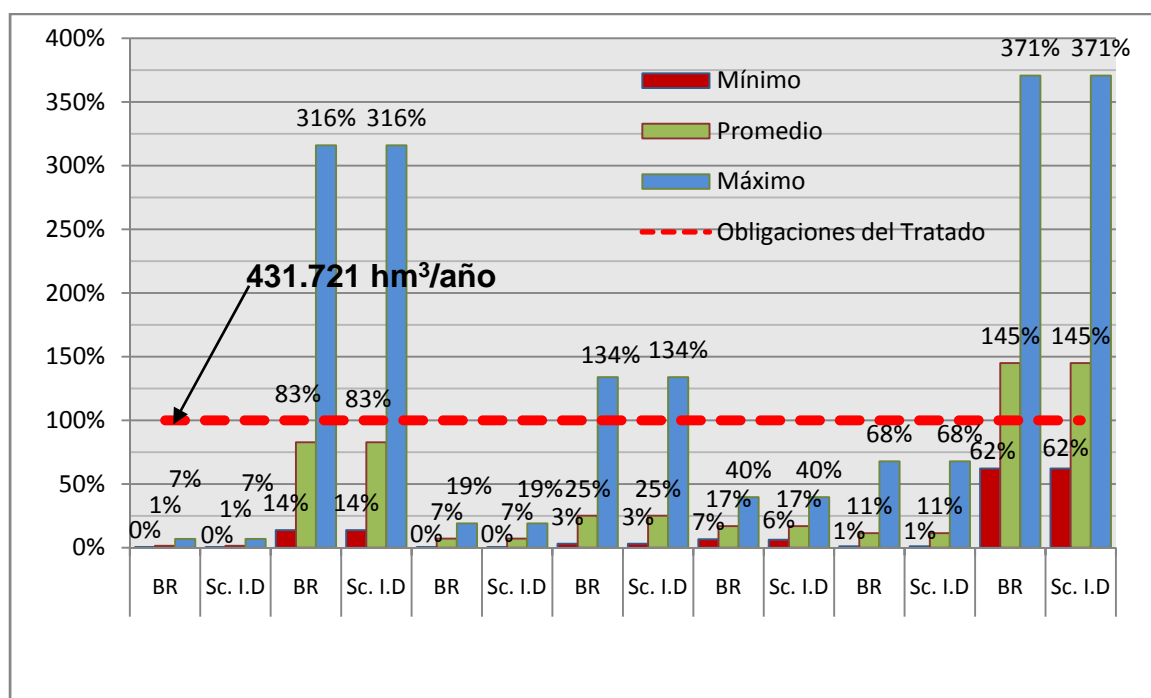


Figura 108. Volumen promedio, mínimo y máximo destinado al cumplimiento del tratado de los ríos establecidos en el tratado de 1944, Escenario I.D.

La Tabla 98

Tabla 98. Volumen de extracción y volumen entregado del Río San Juan a las obligaciones del tratado, Escenario I.D.

Año	Deficit Tratado (hm3)	Envio del San Juan (hm3)	Año	Deficit Tratado (hm3)	Envio del San Juan (hm3)	Año	Deficit Tratado (hm3)	Envio del San Juan (hm3)
1941	1789	0	1961	1321	0	1981	1026	0
1942	1171	0	1962	930	0	1982	175	0
1943	439	0	1963	559	0	1983	-223	0
1944	-307	0	1964	180	0	1984	-867	0
1945	-977	0	1965	-292	0	1985	-1332	0
1946	1646	0	1966	1590	0	1986	1637	0
1947	1052	0	1967	1045	0	1987	521	0
1948	571	0	1968	274	0	1988	-352	0
1949	43	0	1969	-539	0	1989	-999	0
1950	-435	0	1970	-926	0	1990	-1794	0
1951	1835	0	1971	1318	0	1991	912	0
1952	1536	0	1972	35	0	1992	-757	0
1953	1265	0	1973	-611	0	1993	-1315	0

1954	952	0	1974	-1202	0	1994	-1731	0
1955	523	521	1975	-2117	0	1995	-1975	0
1956	2168	435	1976	1106	0	1996	1882	0
1957	1790	0	1977	398	0	1997	1497	0
1958	1512	0	1978	-229	0	1998	1195	0
1959	-249	0	1979	-1776	0	1999	851	0
1960	-830	0	1980	-2225	0	2000	416	420

La Tabla 99 muestra un comparativo de los volúmenes de agua entregados por concepto de tratado para el escenario de referencia Baseline Run y el Escenario I.D. Estos resultados muestran que para el tercer ciclo del tratado (1950-1955), en la cuenta de referencia Baseline Run se presentó un déficit para las obligaciones del tratado de 677.7 hm³, el cual en el Escenario I.D se redujo a 523.3 hm³. Además, este déficit del tercer ciclo fue reducido en el primer año del cuarto ciclo a 89 hm³ debido al envío de 434 hm³ provenientes del Río San Juan. De igual forma en el 12 ciclo (1995-2000) se presentó un déficit para las obligaciones del tratado en la cuenta de referencia Baseline Run de 488.9 hm³, el cual se disminuyó en el Escenario I.D a 415.7 hm³.

y Figura 121 muestra la extracción y entrega de agua del Río San Juan a las obligaciones del tratado.

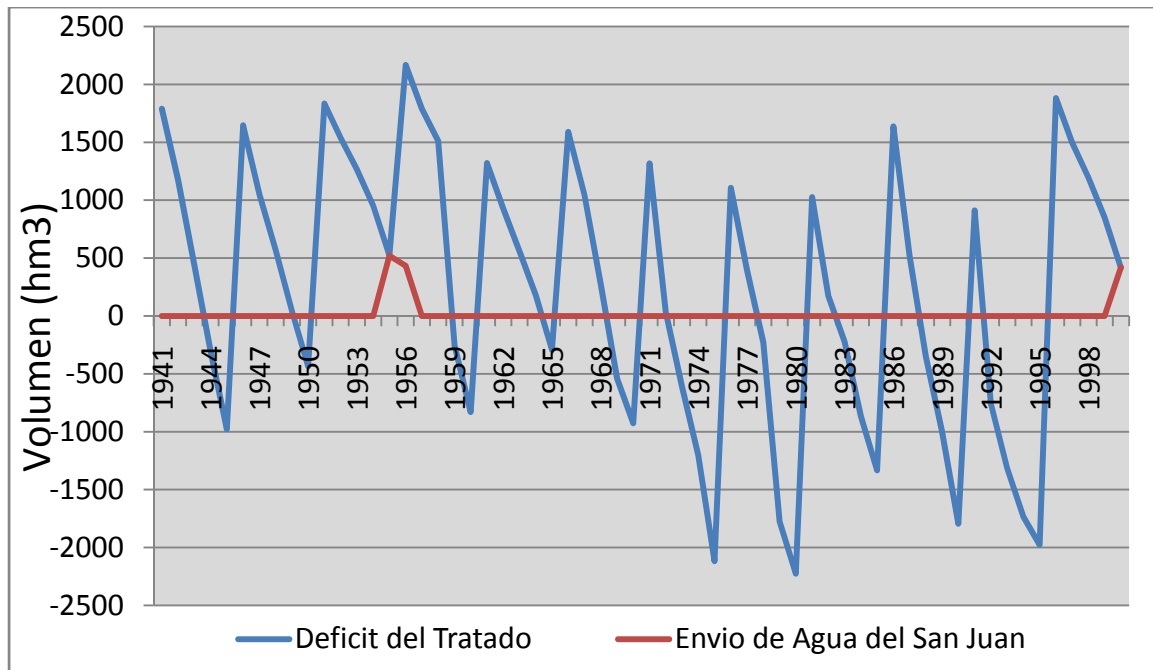


Figura 109. Volumen de extracción y volumen entregado del Río San Juan a las obligaciones del tratado, Escenario I.D.

La Figura 110 muestra el escurrimiento anual proveniente del Río San al Río Bravo/Grande. Esta figura muestra que en 1955, 1956 y 2000 se incremento el escurrimiento de entrada del Río San Juan debido al envío de agua proveniente de este afluente al Rio Bravo/Grande. En 1955 se extrajo un volumen de 521 hm³ del Río San Juan para abastecer el déficit de cuatro años previos. Debido a este envío de agua y a las aportaciones en el quinto año de los afluentes establecidos en el tratado, el déficit en las obligaciones por el tratado se redujo a 523 hm³, cantidad que fue el déficit en las obligaciones del tratado para este ciclo. Sin embargo, en el primer año del cuarto ciclo se envió 434.6 hm³ provenientes del San Juan para reducir el déficit del tratado del ciclo previo a 89 hm³. Al final del 4 ciclo del tratado, se presento un envío mayor al establecido en el tratado, por lo que la déficit del tratado del ciclo anterior fue cubierto. Por otra parte, en el 2000 se extrajo un volumen de 420 hm³ del Río San Juan para abastecer el déficit de cuatro años previos. Debido a este envío de agua y a las aportaciones en el quinto año de los afluentes establecidos en el tratado, el déficit en las obligaciones por el tratado se redujo a 416 hm³. Los resultados anteriores son mostrados en la Tabla 98.

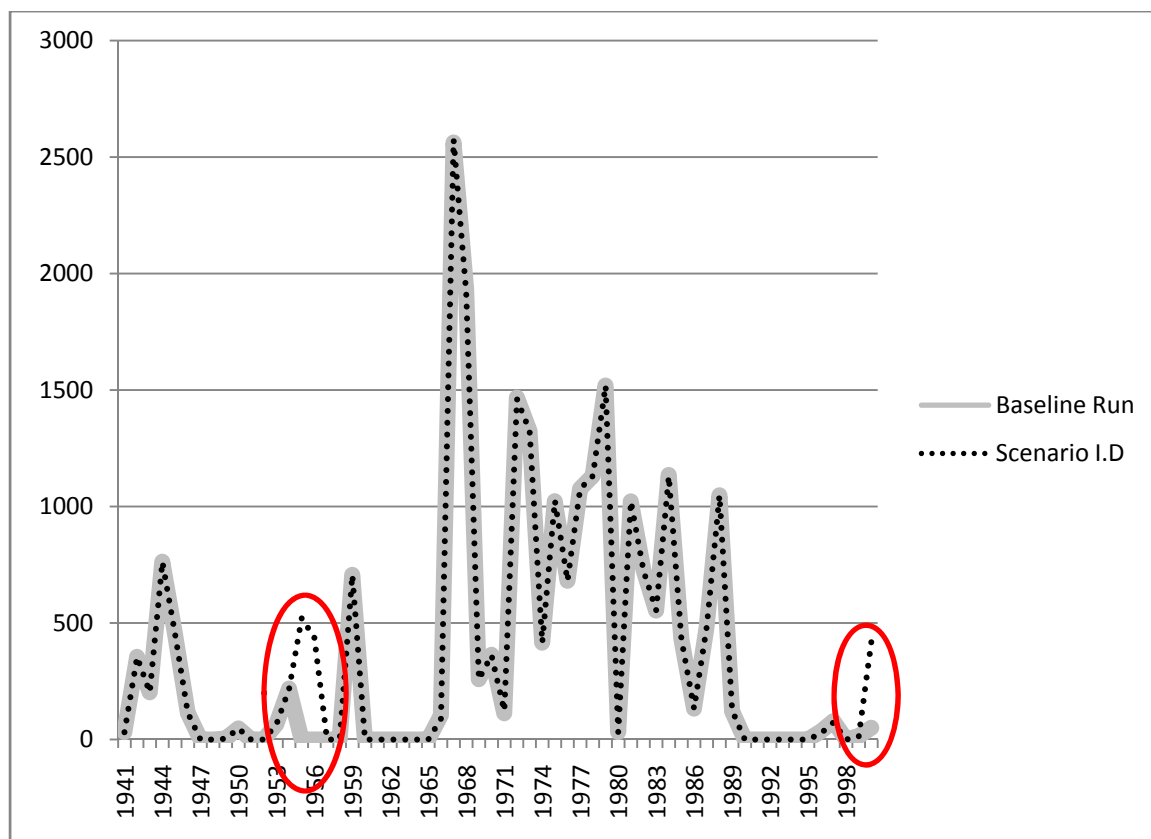


Figura 110. Comparativo del escurrimiento de salida del Río San Juan, Escenario I.D vs. Baseline Run.

Tabla 98. Volumen de extracción y volumen entregado del Río San Juan a las obligaciones del tratado, Escenario I.D.

Año	Deficit Tratado (hm3)	Envio del San Juan (hm3)	Año	Deficit Tratado (hm3)	Envio del San Juan (hm3)	Año	Deficit Tratado (hm3)	Envio del San Juan (hm3)
1941	1789	0	1961	1321	0	1981	1026	0
1942	1171	0	1962	930	0	1982	175	0
1943	439	0	1963	559	0	1983	-223	0
1944	-307	0	1964	180	0	1984	-867	0
1945	-977	0	1965	-292	0	1985	-1332	0
1946	1646	0	1966	1590	0	1986	1637	0
1947	1052	0	1967	1045	0	1987	521	0
1948	571	0	1968	274	0	1988	-352	0
1949	43	0	1969	-539	0	1989	-999	0
1950	-435	0	1970	-926	0	1990	-1794	0
1951	1835	0	1971	1318	0	1991	912	0

1952	1536	0	1972	35	0	1992	-757	0
1953	1265	0	1973	-611	0	1993	-1315	0
1954	952	0	1974	-1202	0	1994	-1731	0
1955	523	521	1975	-2117	0	1995	-1975	0
1956	2168	435	1976	1106	0	1996	1882	0
1957	1790	0	1977	398	0	1997	1497	0
1958	1512	0	1978	-229	0	1998	1195	0
1959	-249	0	1979	-1776	0	1999	851	0
1960	-830	0	1980	-2225	0	2000	416	420

La Tabla 99 muestra un comparativo de los volúmenes de agua entregados por concepto de tratado para el escenario de referencia Baseline Run y el Escenario I.D. Estos resultados muestran que para el tercer ciclo del tratado (1950-1955), en la cuenta de referencia Baseline Run se presentó un déficit para las obligaciones del tratado de 677.7 hm³, el cual en el Escenario I.D se redujo a 523.3 hm³. Además, este déficit del tercer ciclo fue reducido en el primer año del cuarto ciclo a 89 hm³ debido al envío de 434 hm³ provenientes del Río San Juan. De igual forma en el 12 ciclo (1995-2000) se presentó un déficit para las obligaciones del tratado en la cuenta de referencia Baseline Run de 488.9 hm³, el cual se disminuyó en el Escenario I.D a 415.7 hm³.

Tabla 99. Volumen de agua entregado por concepto de obligaciones del tratado considerando el envío extraordinario de agua proveniente del Río San Juan, Escenario I.D.

Ciclo	Periodo	Duración (Años)	Volumen Comprometido (hm ³)	Baseline Run		Escenario I.D	
				Entregado	Diferencia	Entregado	Diferencia
				(hm ³)	(hm ³)	(hm ³)	(hm ³)
1	1940-1945	5	2159	2997.4	838.4	3136.0	977.0
2	1945-1950	5	2159	2462.5	303.5	2593.8	434.8
3	1950-1955	5	2159	1481.3	-677.7	1635.7	-523.3
4	1955-1960	5	2159	3322.0	1163.0	3512.3	1353.3
5	1960-1965	5	2159	2449.8	290.8	2451.1	292.1
6	1965-1970	5	2159	3110.1	951.1	3085.5	926.5
7	1970-1975	5	2159	4253.7	2094.7	4275.6	2116.6
8	1975-1980	5	2159	4251.5	2092.5	4384.0	2225.0
9	1980-1985	5	2159	3403.0	1244.0	3491.3	1332.3
10	1985-1990	5	2159	3965.5	1806.5	3953.2	1794.2

11	1990-1995	5	2159	4167.5	2008.5	4133.8	1974.8
12	1995-2000	5	2159	1670.1	-488.9	1743.3	-415.7

Criterios de desempeño

La Tabla 100 y Figura 125 muestran la confiabilidad para los distritos de riego DR-025 Bajo Río Bravo, DR-026 Bajo San Juan, DR-031 Las Lajas, WMS 8 Agriculture “A” y WMS 9-13 Agriculture “A”. La Tabla 101 y Figura 126 muestran la confiabilidad para los usos Público-Urbanos del Área Metropolitana de Monterrey y WMS 9-13 Municipal.

Tabla 100. Confiabilidad para distritos de riego, Escenario I.D.

Distrito de Riego	Concesión (hm ³ /año)	Confiabilidad (%)	
		Baseline Run	Escenario I.D
DR-025 Bajo Rio Bravo	861.0	92.8	92.9
DR-026 Bajo San Juan	464.1	100.0	100.0
DR-031 Las Lajas	24.0	100.0	100.0
WMS 8 Agriculture A	374.3	29.4	30.0
WMS 9-13 Agriculture A	1427.2	29.4	30.0

Tabla 101. Confiabilidad para usos público-urbanos, Escenario I.D.

Uso Público-Urbano	Concesión (hm ³ /año)	Confiabilidad (%)	
		Baseline Run	Escenario I.D
Matamoros	48.0	100.0	100.0
Monterrey	189.9	75.1	74.3
Reynosa	67.0	100.0	100.0
Brownsville	51.5	100.0	100.0
McAllen	0.8	100.0	100.0
WMS 9-13 Municipal	201.5	100.0	100.0

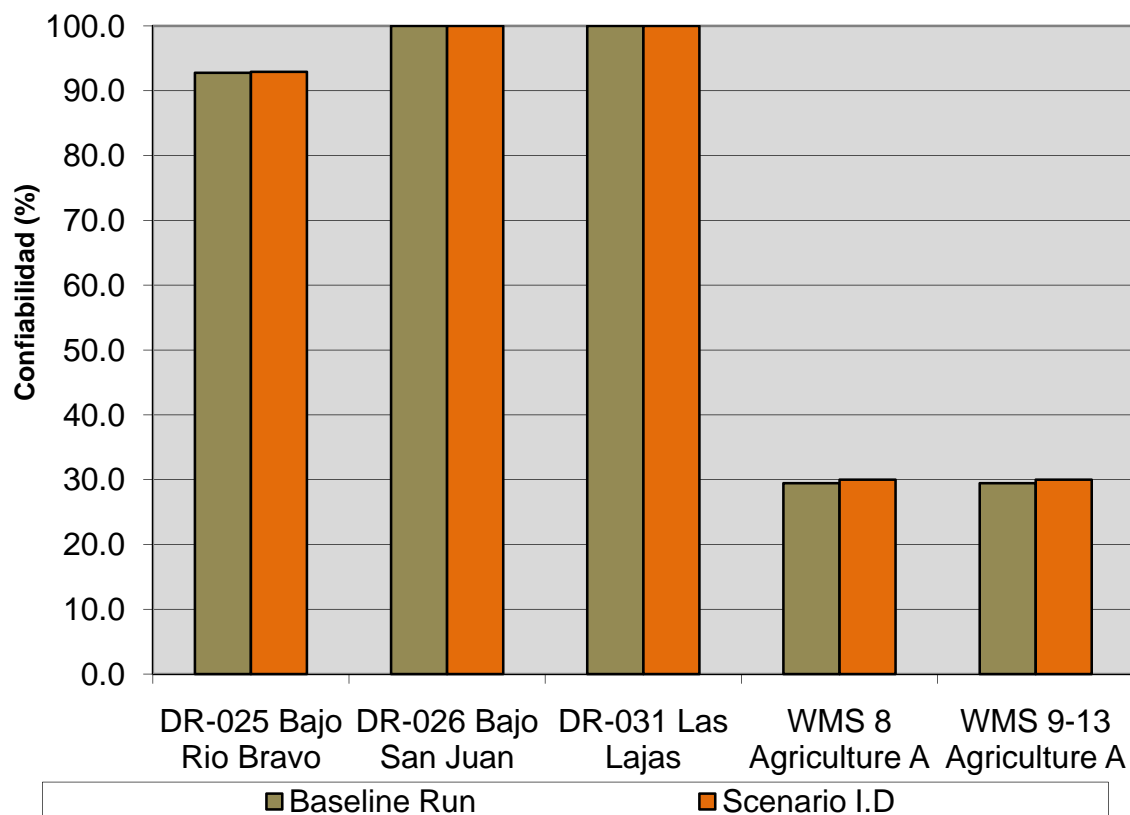


Figura 111. Confiabilidad para distritos de riego, Escenario I.D.

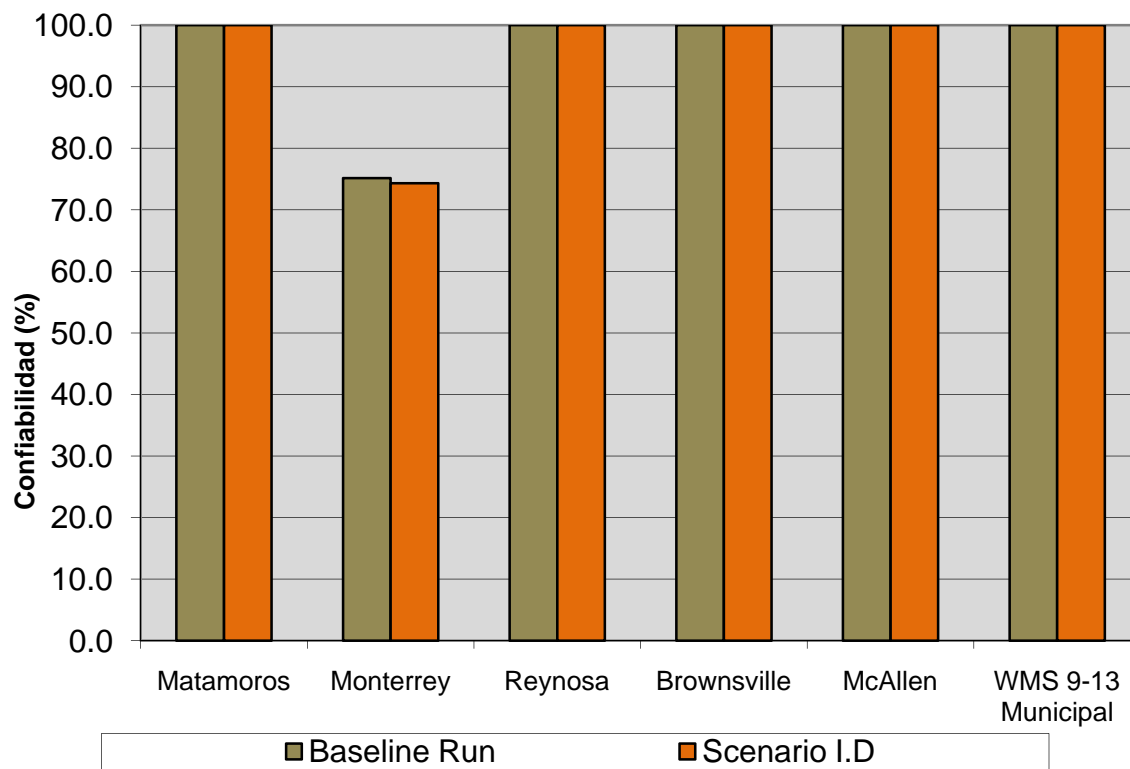


Figura 112. Confiabilidad para usos Público-Urbanos, Escenario I.D.

Para los distritos de riego que presentaron una confiabilidad menor al 100%, se calcularon los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo para cada una de estas concesiones. La Tabla 102 y Figura 127 muestran los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo experimentado para los distritos de riego.

Tabla 102. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y déficit máximo para los distritos de riego que presentaron déficit en su extracción, Escenario I.D.

Periodo	DR-025		WMS 8 "A"		WMS 9-13 "A"	
	BR	I.D	BR	I.D	BR	I.D
Total de periodos	720	720	720	720	720	720
Periodos con Déficit	20	17	554	565	554	565
Confiabilidad (%)	97.2%	97.6%	23%	22%	23%	22%
Periodos regresando de un déficit	5	7	15	13	15	13
Resiliencia (%)	25%	41%	3%	2%	3%	2%
Volumen de déficit (hm ³)	966.5	746.2	6866.0	6885.9	26182.9	26258.7
Vulnerabilidad* (%Concesión/mes)	6%	5%	3%	3%	49%	48%
Déficit Máximo* (%Concesión)	14%	14%	10%	9%	10%	9%
Concesión (hm³/año)	861.0	861.0	374.3	374.3	1427.2	1427.2

* Porcentajes obtenidos con respecto al volumen de concesión¹.

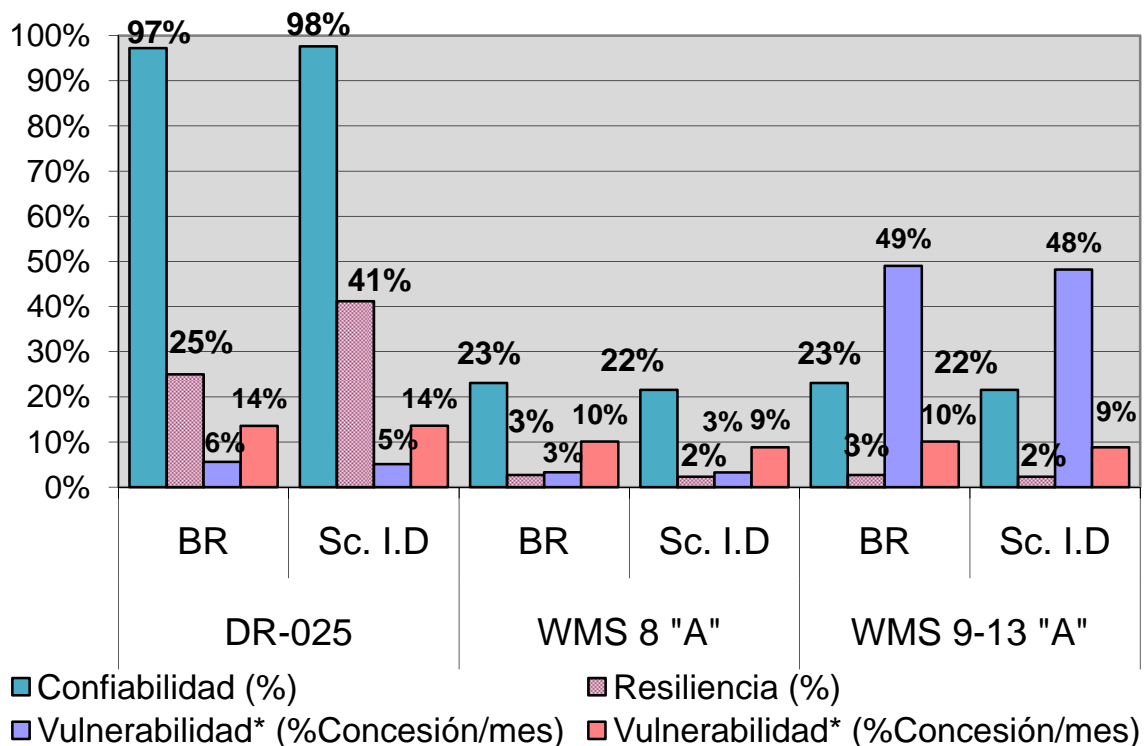


Figura 113. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y Déficit Máximo para los distritos de riego que presentaron déficit en su extracción, Escenario I.D.

Para el Área Metropolitana de Monterrey se calculo los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo. La Figura 114 y Tabla 104 muestran los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo experimentado para Monterrey.

Tabla 103. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y déficit máximo para el Área Metropolitana de Monterrey, Escenario I.D.

Periodo	Monterrey	
	BR	Sc. I.D
Total	720	720
Con Recorte	179	185
Confiabilidad (%)	75%	74%
Periodos regresando de un recorte	28	32
Resistencia (%)	16%	17%
Volumen de recorte (hm ³)	594.6	628.3
Vulnerabilidad (%Concesión /mes)	7%	2%
Recorte Máximo (%Concesión /mes)	9%	9%
Concesión (hm³/año)	187.932	187.932

* Porcentajes obtenidos con respecto al volumen de concesión¹.

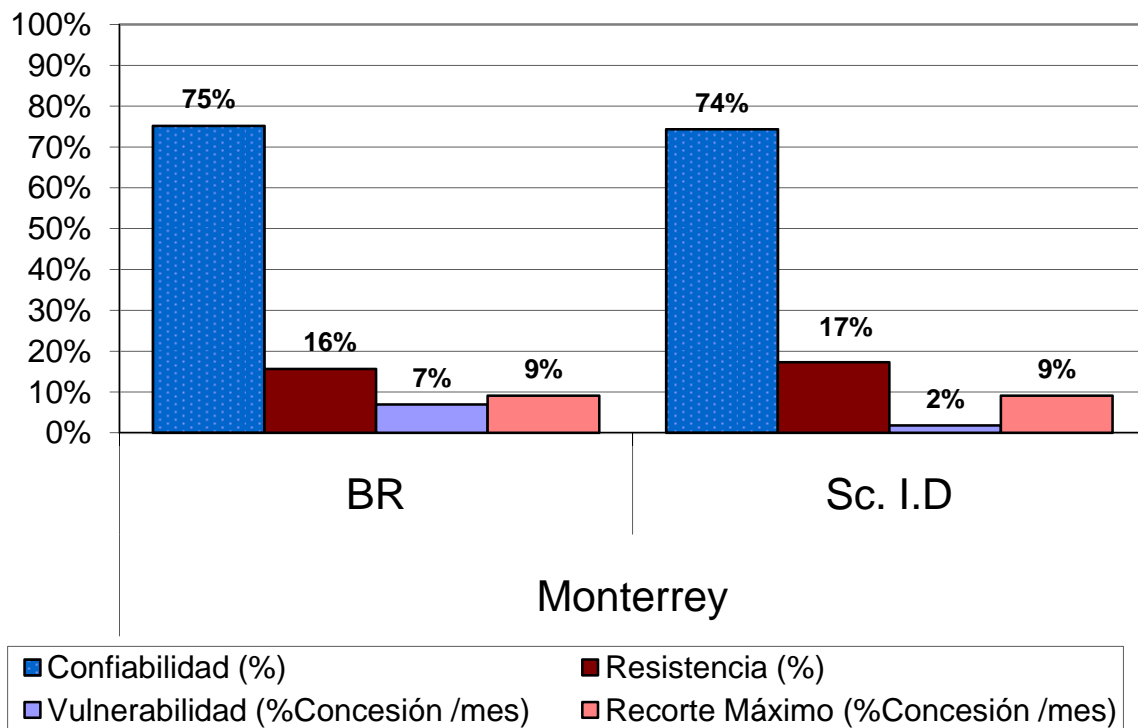


Figura 114. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y Déficit Máximo para los distritos de riego que presentaron déficit en su extracción, cuenta Escenario I.D.

En este escenario el DR-025 Bajo Río Bravo presento un ligero incremento en su confiabilidad de 97.2 a 97.6%. Por el contrario, el abastecimiento al Área Metropolitana de Monterrey sufrió un ligero incremento en su confiabilidad que paso de 75 a 74%.

Presas

La **Tabla 104** muestra el Almacenamiento medio mensual, mínimo y máximo para las presas Amistad, Falcon, Las Blancas, El Cuchillo y Marte R. Gómez. La Figura 128 muestra estos resultados como porcentaje del NAMO de cada una de las presas.

Tabla 104. Comparativo del Almacenamiento Medio Mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presas La Boca, El Cuchillo y Marte R. Gómez, Escenario I.D.

Presa	Cuenta	NAMO (hm ³)	Media (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Amistad	BR	3887	87%	36%	116%
	Sc. I.D		87%	39%	116%
El Cuchillo	BR	1123	90%	22%	100%
	Sc. I.D		87%	9%	100%
Falcon	BR	3273	82%	35%	107%
	Sc. I.D		82%	38%	107%
Marte R. Gomez	BR	830	80%	1%	139%
	Sc. I.D		80%	1%	139%
Las Blancas	BR	84	99%	57%	100%
	Sc. I.D		99%	58%	100%

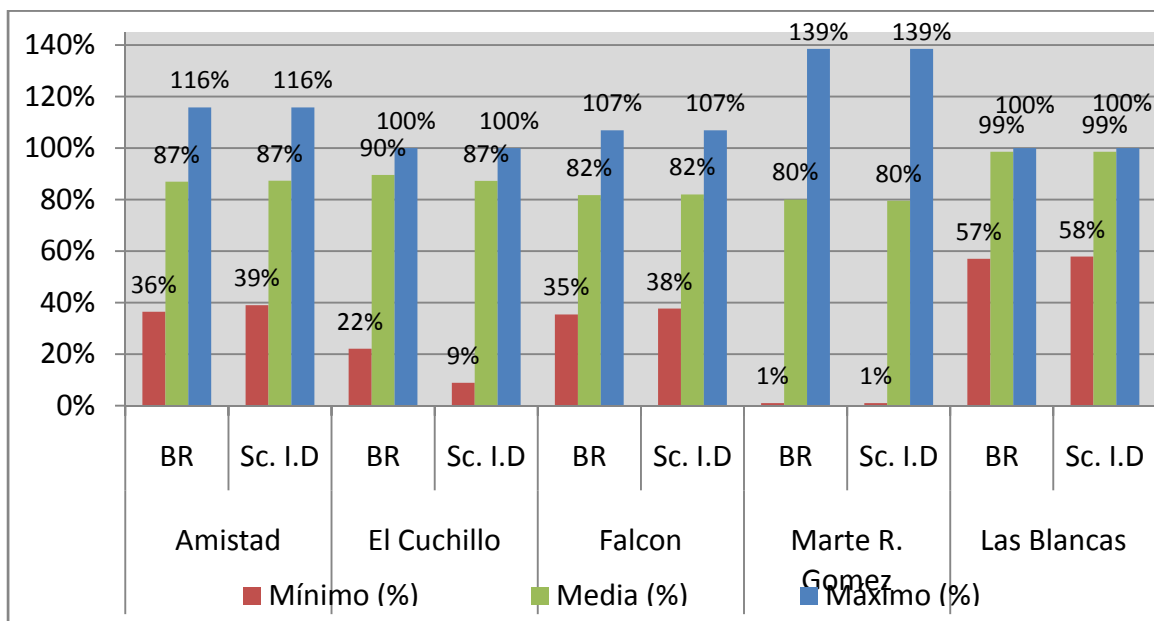


Figura 115. Comparativo del Almacenamiento Medio Mensual y Máximo para la presas Las Blancas, El Cuchillo y Marte R. Gómez, Escenario I.D.

Prácticamente, las presas Amistad, Falcon, Las Blancas y Marte R. Gómez no presentaron cambio alguno en su almacenamiento medio mensual. La presa El Cuchillo presentó una disminución en su almacenamiento medio, de 90 a 87%, con respecto al NAMO de la presa.

El almacenamiento en la presa El Cuchillo presento una disminución en su almacenamiento medio como se muestra en la Figura 116. El almacenamiento de la presa Marte R. Gómez se muestra en la Figura 117.

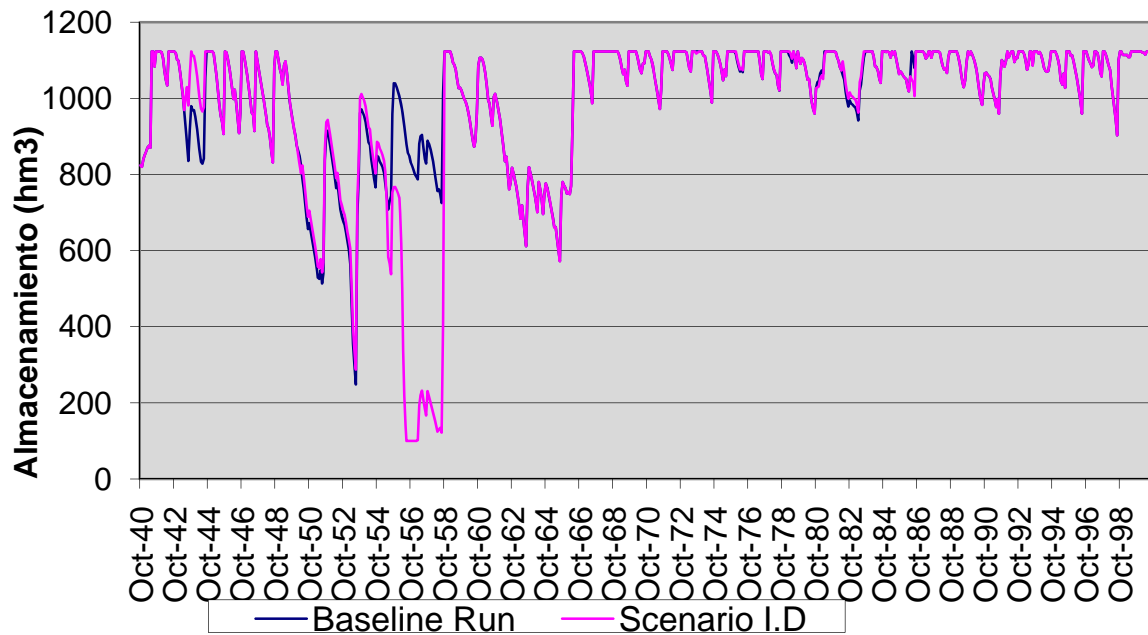


Figura 116. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa El Cuchillo, Baseline Run Vs. Escenario I.D.

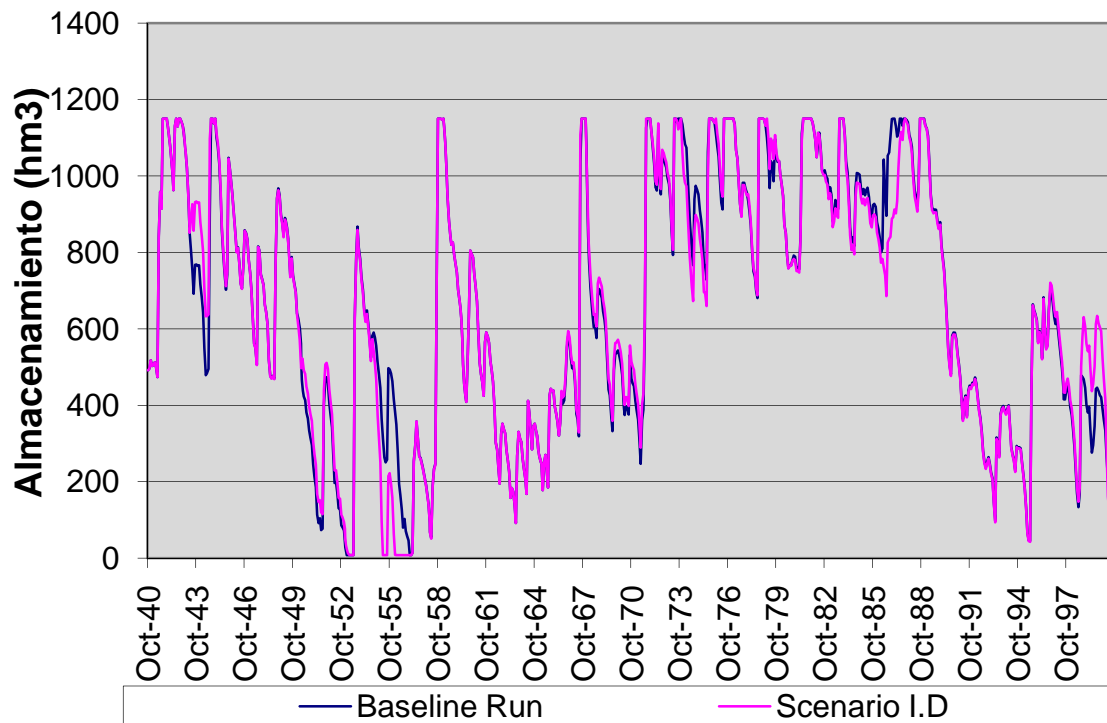


Figura 117. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Marte R. Gómez, Baseline Run Vs. Escenario I.D.

Conclusiones

El envío extraordinario de agua proveniente del Río San Juan a las obligaciones del tratado, en épocas de escases de cumplimiento de las obligaciones del tratado, representa efectos negativos para el DR-025 Bajo Río Bravo y para el uso Público-Urbano del Área Metropolitana de Monterrey, ya que se disminuye la extracción promedio y confiabilidad de estos usuarios.

A pesar de que se propuso una metodología para evitar o minimizar las afectaciones a los distritos de riego 025 Bajo Río Bravo, 026 Bajo San Juan, 031 Las Lajas y a la Ciudad de Monterrey, la cual incluye realizar una evaluación de los volúmenes disponibles en las presas El Cuchillo y Marte R. Gómez, no fue posible evitar las afectaciones al uso Público-Urbano del Área Metropolitana de Monterrey y al DR-025 Bajo Río Bravo. Por una parte, la extracción para el Área Metropolitana de Monterrey depende en gran medida del agua enviada de la presa El Cuchillo, la cual fue la única presa que se vio afectada por el envío de agua del Río San Juan a las obligaciones del tratado. No es recomendable el trasvase de agua de la Presa El Cuchillo a la presa Marte R. Gómez, para su posterior envío al Río Bravo/Grande, ya que afecta el abastecimiento de la Ciudad de Monterrey. Por otra parte, el DR-025 Bajo Río Bravo depende principalmente del agua enviada de la presa Falcon y en cierta medida, del escurrimiento proveniente del Río San Juan. Cuando el escurrimiento del Río San Juan se ve afectado debido a que es asignado a las obligaciones del tratado, el DR-025 Bajo Río Bravo se ve afectado, ya que sus fuentes de abastecimiento se ven disminuidas.

A pesar de que se disminuyeron los déficits en las obligaciones del tratado, cuando no se cumplió con el envío de $2158.6 \text{ hm}^3/\text{ciclo}$, esta disminución no fue significativa. Para el tercer ciclo (1950-1955), el déficit en las obligaciones del tratado solo se disminuyó en **154.4 hm^3** , pasando de un déficit de -677.7 hm^3 en el escenario de referencia a -523.3 hm^3 en el Escenario I.D. En adición, en el primer año del cuarto ciclo se envió 434.6 hm^3 provenientes del San Juan para reducir el déficit del tratado del ciclo previo a 89 hm^3 . Al final del 4 ciclo del tratado, se presentó un envío mayor al establecido en el tratado, por lo que la déficit del tratado del ciclo anterior fue cubierto. Para el ciclo 12 (1995-2000), el déficit en las obligaciones del tratado se disminuyó en **73.2 hm^3** , pasando de un déficit de -488.9 hm^3 en el escenario de referencia a -415.7 hm^3 en el Escenario I.D. Estas disminuciones no son significativas, si se comparan con los resultados obtenidos en el Escenario II.C.1, en el cual se envía agua del banco de agua subterránea a las obligaciones del tratado.

El envío de agua del Río San Juan para cumplir con las obligaciones del tratado es una propuesta susceptible a discusión, ya que es un río tributario que no está considerado en el tratado de 1944 y por lo tanto, es de gran valor para el abastecimiento del agua dentro de la cuenca del Río San Juan. Es necesario hacer una investigación mas a detalle para la evaluación, modelación y en su caso, modificación de las consideraciones asumidas en este escenario.

Escenario II

Escenario II.A.1 Análisis de conservación del agua en la cuenca del Río Conchos

Las medidas de conservación del agua implementadas en la cuenca del Río Conchos mediante la inversión del NADBank (\$40 mdd) y la CNA (\$80 mdd) estiman ahorrar 200 hm³ agua en las 90,000 hectáreas de irrigación. Sin embargo, una cantidad substancial de esos ahorros esta en forma de reducción de las pérdidas por infiltración y por lo tanto, no son realmente una reducción en las pérdidas físicas del sistema.

Antecedentes

Para la construcción del Escenario II.A.1 fue necesario considerar la descripción del proyecto de modernización y tecnificación para el DR-005 establecida en el Acta 309 entre la CILA y el IBWC. Además, fue necesario considerar las eficiencias de conducción y aplicación propuestas por la Sociedad de Asociaciones de Usuarios “Unidad Conchos”¹⁶ junto con los porcentajes de pérdidas por conducción propuestos por Collado¹⁰. A continuación se describe cada una de estas fuentes de información.

Acta 309, CILA- IBWC¹⁵

El acta 309 de la sesión que sostuvieron la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA) y su contraparte de Estados Unidos (IBWC) se describe el proyecto de modernización y tecnificación de los distritos de riego en la cuenca del Río Conchos, así como el destino del agua ahorrada. Las principales acciones de modernización y tecnificación en el DR-005 Delicias son:

- Revestimiento de canales principales, laterales, redes menores e interparcelarias, así como instalación de estructuras de medición.
- Entubamiento en baja presión de red de distribución de agua y aplicación de riego con tubería multicompuerta.
- Nivelación de tierras.
- Rehabilitación de pozos y equipo de bombeo, distribución de agua mediante tubería a alta presión y aplicación de riego por goteo o micro-aspersión. Construcción de plantas de bombeo.

Los volúmenes ahorrados, debido a las actividades propuestas de modernización y tecnificación del DR-005 Delicias, están en función del incremento de la eficiencia global del distrito de riego. La eficiencia global está definida como el volumen del uso consuntivo de agua en el distrito de riego, con respecto al volumen de agua extraído de las fuentes de abastecimiento, en este caso, las presas La Boquilla y F. Madero. De acuerdo a lo declarado en el Acta 309, para el DR-005 Delicias **se estima un incremento de la eficiencia global del 33% al 55%**¹⁵. La eficiencia global del distrito de riego está en función de la eficiencia en la conducción y la eficiencia de aplicación.

La Sociedad de Asociaciones de Usuarios “Unidad Conchos” declaro que la eficiencia de aplicación previa a los trabajos de tecnificación y modernización del DR-005 era del 54%¹⁶. Con este porcentaje, es posible estimar, mediante la ecuación 11, el valor de la eficiencia en la conducción, el cual es del 61.11%. De esta forma, la eficiencia global del distrito de riego previo a los trabajos de modernización es del 33%.

$$Ef. Global = Ef. Conduccion * Ef. Aplicacion \quad [11]$$

La Tabla 91 muestra el volumen de agua estimado por ahorrar de 343 hm³. Este volumen de agua, declarado en el Acta 309, fue calculado cuando el volumen de extracción en conjunto de las presas La Boquilla y F. Madero es de 857 hm³. De este procedimiento de cálculo es importante resaltar tres puntos. Primero, de acuerdo al Acta 309, los volúmenes ahorrados están en función del mismo uso consuntivo (Columna 5, Tabla 105); es decir, los volúmenes ahorrados que se estimaron en el Acta 309 fueron calculados considerando que con un volumen de extracción de 857 hm³/año y una eficiencia global del 33%, se presenta un uso consuntivo de agua superficial de 282.81 hm³/año. Este volumen fue considerado como dato base para calcular que, con un incremento en la eficiencia global al 55% se tendrá un volumen de extracción de 514 hm³/año. La diferencia entre los volúmenes de extracción (**343 hm³/año**) fue considerada como el volumen que se ahorrara una vez que se haya concluido las acciones de tecnificación y modernización del DR-005 Delicias. Segundo, para el cálculo de los volúmenes ahorrados no se consideraron las pérdidas por evaporación, las cuales se presentan cuando se almacena agua en las presas. El presente estudio si considerara las pérdidas por evaporación en presas, las cuales están en función de los registros históricos del año hidrológico correspondiente. Tercero, la eficiencia global calculada en el Acta 309 solo considera el incremento en la eficiencia de agua superficial que abastece al DR-005 Delicias. De igual forma que en el Acta 309, en el presente reporte solo se considera el incremento en la eficiencia global de abastecimiento de agua superficial, aunque una vez que la eficiencia global de agua superficial ha sido aumentada, si se considera la concesión de agua subterránea del DR-005 para el cálculo de la concesión total, la cual incluye la concesión de agua superficial y subterránea.

Tabla 105. Calculo del volumen ahorrado declarado en el Acta 309, CILA-IBWC.

Gasto de Extracción, $Q_{Extraccion}$ (hm ³ /año)	Eficiencia en la Conducción (%)	Volumen de Aplicación, Q_A (hm ³ /año)	Eficiencia en la Aplicación (%)	Uso Consuntivo, $Q_{Uso Consuntivo}$ (hm ³ /año)	Eficiencia Global (%)
857*	61.11%	523.72	54%**	282.81	33%*
514	68.75%	353.51	80%**	282.81	55%*
343*	Diferencia				

* Datos especificados en el Acta 309.

** Datos obtenidos de la Sociedad de Asociaciones de Usuarios “Unidad Conchos”

Además, el Acta 309 declara que, Una vez que las medidas de conservación hayan sido aplicadas, en caso de que los volúmenes extraídos de las fuentes de abastecimiento sean

menores a 514 hm^3 , los volúmenes ahorrados serán proporcionalmente menores. Sin embargo, no considera el caso cuando el volumen de extracción de las presas sea mayor a 514 hm^3 . Para el presente estudio se adoptó esta consideración. Si una vez que se terminaron las obras de modernización y tecnificación, los volúmenes de extracción provenientes de las fuentes de abastecimiento superficial son igual o mayores que $514 \text{ hm}^3/\text{año}$, el agua ahorrada *inicial* se estimara en $343 \text{ hm}^3/\text{año}$. Si el volumen de extracción de las fuentes de agua superficial es menor a $514 \text{ hm}^3/\text{año}$, se considerara un volumen *inicial* ahorrado proporcionalmente menor. Lo anterior es explicado en la Figura 118 y Tabla 106.

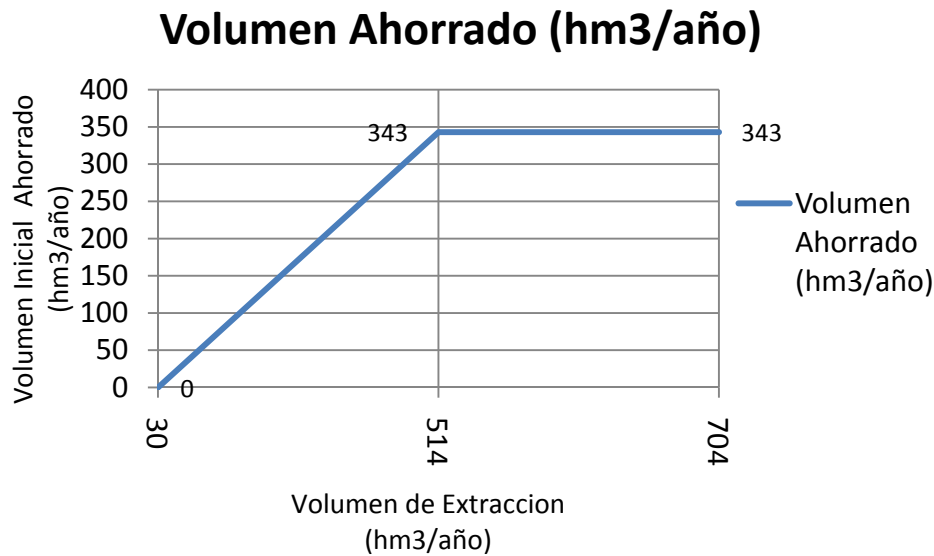


Figura 118. Grafica de estimación de volumen inicial ahorrado, Acta 309.

Tabla 106. Gastos considerados para la estimación del Volumen inicial ahorrado Acta 309, CILA-IBWC.

	$Q_{\text{Extracción}}$ ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Volumen Ahorrado ($\text{hm}^3/\text{año}$)
Q_{min}	30	0
$Q_{\text{Extracción}}$	514	343
$Q_{\text{Extracción}}$	704	343

Es importante resaltar que el volumen *inicial* ahorrado es solo un valor estimativo inicial, el cual estará sujeto a pérdidas por evaporación. El volumen *inicial* ahorrado es fijado al principio de cada año hidrológico y se estima de acuerdo al volumen de extracción propuesto para el DR-005 Delicias para el año hidrológico que comienza.

Descripción del modelo de simulación previo a la tecnificación y modernización.

En esta sección se enuncian las consideraciones asumidas para la modelación del DR-005 Delicias previo al proyecto de modernización y tecnificación. Además, se explica la obtención de las eficiencias de conducción, aplicación y retorno utilizadas en el modelo.

La Figura 119 muestra el esquema para el cálculo de las eficiencias por tramo y de los gastos de entrada y de salida mostrados en la Tabla 107. Las consideraciones asumidas para este cálculo son las siguientes:

- La eficiencia global del DR-005 es del 33% (Acta 309, CILA-IBWC). La eficiencia de aplicación del DR-005 es del 54% (Sociedad de Asociaciones de Usuarios “Unidad Conchos”). Debido a lo anterior y aplicando la ecuación 11, la eficiencia de conducción es del 61.11%.
- Los volúmenes de concesión de agua superficial (**941.587 hm³/año**) y subterránea (**188.959 hm³/año**) fueron considerados como dato de entrada para el cálculo del volumen de extracción, aplicación, uso consuntivo, no consumido y de retorno en la Tabla 107.
- El gasto de aplicación sobre la superficie de riego es la suma del gasto proveniente de la conducción de agua superficial (Q_A) mas el proveniente de la conducción de agua subterránea (Q_B)

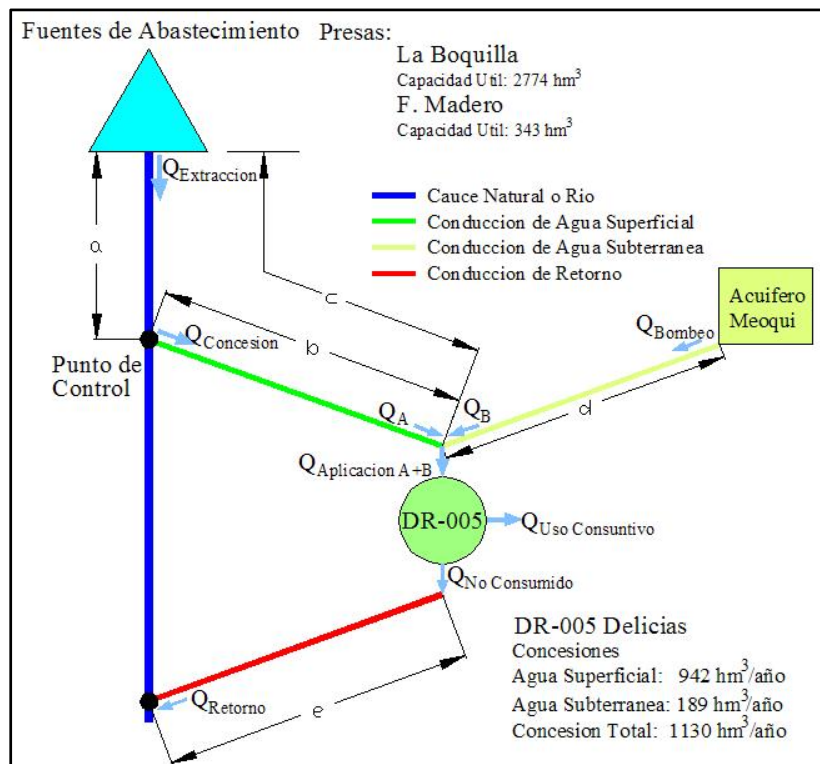


Figura 119. Esquema de tramos y gastos considerados para la modelación del DR-005 previo al proyecto de modernización y tecnificación.

La eficiencia (*Ef.*) en la conducción de las presas La Boquilla y F. Madero al punto de aplicación (*Tramo c*) es del 61.11%. La ecuación 12 define el cálculo de la eficiencia en la conducción, el cual es el producto de la eficiencia en la conducción de la fuente de abastecimiento al punto de control por la eficiencia del punto de control al punto de aplicación.

$$Ef. Conduccion = (Ef.a)(Ef.b) \quad [12]$$

Tabla 107. Calculo de los gastos por tramo sin la implementación de las medidas de conservación.

Tramo	Eficiencia (%)	Pérdidas (%)	Q _{Entrada}		Q _{Salida}	
			Término	(hm ³ /año)	Término	(hm ³ /año)
a	80.24%	19.76%	Q _{Extracción}	1173	Q _{Concesión}	942
b	76.16%	23.84%	Q _{Concesión}	941.587	Q _A	717
c	61.11%	38.89%	Q _{Extracción}	1173	Q _A	717
d	100.00%	0.00%	Q _{Bombeo}	188.959	Q _B	189
DR-005	54.00%	46.00%	Q _{Aplicación}	906	Q _{No Consumido}	417
e	55.00%	45.00%	Q _{No Consumido}	417	Q _{Retorno}	229

De acuerdo a Collado¹⁰, la eficiencia en la conducción del Tramo “a”, el cual comprende de las presas La Boquilla y F. Madero al punto de control donde el DR-005 deriva su concesión, es de 80.24%. Para el presente estudio, estas pérdidas por conducción (19.76%) serán consideradas como pérdidas por evaporación (**Tabla 108**).

Tabla 108. Calculo de las pérdidas por evaporación y conducción por tramo sin la implementación de las medidas de conservación.

Tramo	Eficiencia (%)	Pérdidas (%)	Q _{Entrada}		Pérdidas			
			Variable	(hm ³ /año)	Evaporacion		Infiltracion	
					%	(hm ³ /año)	%	(hm ³ /año)
a	80.24%	19.76%	Q _{Extracción}	1173	19.76%	231.9	0%	0
b	76.16%	23.84%	Q _{Concesión}	941.587	10.00%	94.2	13.84%	130.3
c	61.11%	38.89%	Q _{Extracción}	1173	27.78%	326.0	11.10%	130.3
d	100.00%	0.00%	Q _{Bombeo}	188.959	0%	0	0%	0
DR-005	54.00%	46.00%	Q _{Aplicación}	906.075	N/A	N/A	N/A	N/A
e	54.93%	45.07%	Q _{No Consumido}	416.8	20.00%	83.4	25.07%	104.5
					Total	409.4	Total	234.8

Para el tramo “b”, el cual comprende del punto de control donde se deriva el agua para el DR-005 hasta el punto de aplicación en la superficie de riego, la eficiencia en la conducción es del 76.16%. Parte de las medidas de modernización comprende el revestimiento de los canal principales, laterales, y de redes menores e interparcelarias, los

cuales están representados por el segmento “b”. Las pérdidas en este tramo, las cuales son el 23.84%, serán consideradas como pérdidas por evaporación (10%) y pérdidas por infiltración (13.84%). Las pérdidas por infiltración serán dirigidas al acuífero Meoqui, debido a que se pretende cuantificar que cantidad de estos ahorros de agua debido al revestimiento de canales reducirán la recarga del acuífero Meoqui (Tabla 108).

De acuerdo a la Sociedad de Asociaciones de Usuarios “Unidad Conchos”, la eficiencia previa a las medidas de modernización y tecnificación del DR-005 es del 54%. Este porcentaje será considerado como el volumen de uso consuntivo ($Q_{\text{Uso Consuntivo}}$). El 46% restante será considerado como un volumen no consumido, ($Q_{\text{No Consumido}}$).

En la conducción del volumen no consumido ($Q_{\text{No Consumido}}$) fueron consideradas pérdidas por evaporación e infiltración. Las pérdidas por evaporación en el retorno fueron consideradas como el 20% del volumen de retorno. El porcentaje restante, 25.07%, fue considerado como el volumen de infiltración dirigido al acuífero Meoqui.

***Escenario I.A.1.a Análisis de las medidas de conservación
del agua en la cuenca del Río Concho y distribución
del agua ahorrada a los agricultores en la cuenca del
Río Conchos.***

Resumen de Resultados

El Escenario II.A.1.a del proyecto de escenarios de Manejo del agua para la cuenca del Río Grande/ Bravo, fue elaborado considerando las medidas de conservación del agua implementadas en la cuenca del Río Conchos, la cuales son descritas en el Acta 309 sostenida entre la CILA y el IBWC; así como la distribución del agua ahorrada en el DR-005 Delicias. Básicamente, las medidas de conservación implican un incremento en la eficiencia global del agua superficial del 33 al 55%. La descripción de las medidas de conservación, así como las consideraciones asumidas para incrementar la eficiencia global del agua superficial son explicadas en el presente escenario.

Debido a la aplicación de las medidas de conservación, en el presente escenario se creó una cuenta para contabilizar y administrar el agua ahorrada. En el Acta 309 se declara un volumen de ahorro inicial máximo propuesto de $343 \text{ hm}^3/\text{año}$. Los resultados de la simulación arrojan un promedio del ahorro inicial propuesto de 330.8 hm^3 (96% con respecto al ahorro inicial máximo propuesto). Debido a las pérdidas por evaporación en las presa La Boquilla y Francisco I. Madero, el almacenamiento real promedio de los volúmenes ahorrados es de $236.3 \text{ hm}^3/\text{año}$; en promedio, solo el 72.77% del agua inicial propuesta es ahorrada y almacenada en la realidad debido a las pérdidas por evaporación (27.23% en promedio). En las presas La Boquilla y F. Madero se almacena en promedio $219.2 \text{ hm}^3/\text{año}$ y $17.1 \text{ hm}^3/\text{año}$ del agua ahorrada respectivamente, cuyos volúmenes representan el 92.75% y 7.25% del agua real ahorrada por año ($236.3 \text{ hm}^3/\text{año}$). Para el abastecimiento del DR-005 Delicias se presentó un déficit promedio en el abastecimiento

de aguas subterráneas de 179.4 hm³/año, volumen que representa un déficit del 94.9%, con respecto al volumen de concesión de agua subterránea (189.0 hm³/año). El déficit promedio de agua superficial es de 61.8 hm³/año, volumen que representa un déficit del 10.9%, con respecto al volumen de concesión de agua superficial (564.9 hm³/año). La asignación promedio del agua ahorrada para cubrir los déficit de las demanda del DR-005 Delicias es de 223.3 hm³/año, de los cuales, el 87.8% (196.1 hm³/año) provienen de la presa La Boquilla y el 12.2% (27.1 hm³/año) provienen de la presa Francisco I. Madero.

Los distritos de riego DR-005 Delicias y DR-025 Bajo Río Bravo presentaron un incremento en su extracción promedio de 94.3 a 96.4% y de 97.8 a 98.1% respectivamente. El DR-005 Delicias presento un incremento substancial en su confiabilidad, pasando del 76.5% al 84.2%. Prácticamente los demás distritos de riego no presentaron cambio alguno en su extracción promedio o disponibilidad. Los usos Público-Urbano presentaron una confiabilidad y extracción promedio del 100%. Para las obligaciones del tratado de 1944, el Río Conchos prácticamente no presento cambio alguno en su volumen promedio anual destinado al tratado, pasando de 357.4 a 357.7 hm³/año (del 82.8 al 82.9% con respecto al volumen promedio anual comprometido por concepto del tratado que es de 431.721 hm³/año). El escurrimiento mínimo presento una reducción y el escurrimiento máximo presento un aumento del 14 al 12%, y del 316 al 318% (con respecto al volumen promedio anual comprometido por concepto del tratado que es de 431.721 hm³/año), con respecto al escenario de referencia. Las presas La Boquilla y F. Madero presentaron un incremento en su almacenamiento medio, pasando de 59 a 68% y de 58 a 70%, respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa. Por el contrario, las presas Amistad, Falcon y Luís. L. León sufrieron una disminución marginal en su almacenamiento medio, pasando de 87 a 86%, de 82 a 81% y de 108 a 107%, respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa.

Debido a la reducción de los volúmenes de conducción y a la disminución de los coeficientes de infiltración en los canales, el acuífero Meoqui sufrió un drástico decremento en su volumen de almacenamiento, el cual es del 16% con respecto al escenario de referencia. Esta disminución en el almacenamiento se debe a que las pérdidas por infiltración de los canales están dirigidas al acuífero Meoqui y como en este escenario se reducen las perdidas por infiltración y el volumen conducido en los canales, por lo tanto se presenta una menor recarga del acuífero Meoqui. Al final del periodo de análisis, el almacenamiento del acuífero Meoqui para la cuenta Scenario II.A.1.a (5.23 hm³) fue 6.25 veces menor que en el escenario de referencia Baseline Run (59.5 hm³), lo que representa un balance negativo del Escenario II.A.1.a con respecto al escenario de referencia Baseline Run. A lo largo de 57 años, el DR-005 Delicias sufrió un déficit en su abastecimiento de agua subterránea de 182.6 hm³/año. Este déficit en la extracción de agua subterránea fue cubierto por el agua ahorrada debido a las medidas de conservación. Es necesaria una investigación a detalle para conocer las características hidrogeológicas del acuífero Meoqui, así como la interacción de este acuífero con el agua superficial.

Antecedentes

En este escenario, los volúmenes de agua ahorrada, debido a las medidas de conservación del agua implementadas en la cuenca del Río Conchos, serán almacenados en las presas La Boquilla y Francisco I. Madero, para su posterior **entrega al DR-005 Delicias**. Para este escenario se considero el proyecto de modernización y tecnificación de los distritos de riego en la Cuenca del Río Conchos descrito en el Acta 309 de la CILA-IBWC¹⁵ y la información presentada por la Sociedad de Asociaciones de Usuarios “Unidad Conchos”¹⁶.

Simulación de las medidas de conservación de agua mediante el proyecto de tecnificación y modernización del DR-005 establecido en el Acta 309.

En el Acta 309 se establece que la eficiencia global se incrementara del 33% al 55%. Para obtener este incremento, es necesario incrementar la eficiencia en la conducción del 61.11% al 68.75% y en la aplicación del 54% al 80%, como se muestra en la Tabla 93. El incremento en la eficiencia de aplicación se obtuvo de información presentada por la Sociedad de Asociaciones de Usuarios “Unidad Conchos”¹⁶. El incremento en la eficiencia en la conducción se obtuvo despejando la eficiencia de conducción de la ecuación 11.

Tabla 109. Calculo del gasto de extracción para el Escenario II.A.1.a

Gasto de Extracción, $Q_{\text{Extraccion}}$ ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Eficiencia en la Conducción (%)	Gasto de Aplicación, Q_A ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Eficiencia en la Aplicación (%)	Uso Consuntivo, $Q_{\text{Uso Consuntivo}}$ ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Eficiencia Global (%)
1173*	61.11%	717.12	54%	387.24	33%
704**	68.75%	484.05	80%	387.24	55%
469	Diferencia				

*Valor propuesto

**Valor utilizado para la simulación del Escenario II.A.1.a

Para obtener el gasto de extracción de 704 $\text{hm}^3/\text{año}$ del Escenario II.A.1, se realizo el siguiente procedimiento. Primero, considerando las eficiencias previas al proyecto de modernización y tecnificación, se obtuvo el valor del gasto de extracción conjunto de las presas de 1173 $\text{hm}^3/\text{año}$, el cual corresponde al volumen de concesión de aguas superficiales de 941.587 $\text{hm}^3/\text{año}$ en el punto de control y a una eficiencia en la conducción del tramo “a” de 80.24% (**Figura 119**). Segundo, con el gasto propuesto de extracción, se obtuvo el gasto de aplicación y el gasto del uso consuntivo sin considerar las medidas de conservación en el DR-005. Tercero, el gasto del uso conjuntivo obtenido sin las medidas de conservación (387.24 $\text{hm}^3/\text{año}$) fue adoptado como gasto de uso consuntivo cuando sean aplicadas las medidas de conservación de agua. Cuarto, del gasto de uso consuntivo adoptado, se calculo el gasto de aplicación y el gasto de extracción para la simulación de las medidas de conservación en el DR-005. De la Tabla 109, también se aprecia que el volumen *inicial* ahorrado se estima en 469 $\text{hm}^3/\text{año}$, cuando se presente un gasto de extracción de 704 $\text{hm}^3/\text{año}$. Por una parte, como se explico en el

Escenario II.A.1 sección *Acta 309, CILA- IBWC*, para todo volumen de extracción mayor o igual a 514 hm³/año, se considerara solo un volumen inicial ahorrado de 343 hm³/año (**Figura 118 y Tabla 106**). Debido a esto, para este caso solo se considerara un volumen inicial ahorrado de 343 hm³/año. Por otra parte, este volumen *inicial* ahorrado se verá reducido debido a las pérdidas por evaporación que se presentan en las presas.

La **Tabla 110** muestra el cálculo de los gastos y las eficiencias por tramo para el Escenario II.A.1. La eficiencia en la conducción del tramo “a” no sufrió modificación, ya que las actividades de modernización y tecnificación no incluyen el mejoramiento o revestimiento del cauce natural del Río Conchos o del Río San Pedro. Debido a esto, la eficiencia en la conducción del tramo “b” presento un incremento del 9.52%, pasando del 76.16% al 85.68%.

Tabla 110. Calculo de los gastos por tramo contemplando las medidas de conservación, Escenario II.A.1.a

Tramo	Eficiencia (%)	Pérdidas (%)	Q _{Entrada}		Q _{Salida}	
			Término	(hm ³ /año)	Término	(hm ³ /año)
a	80.24%	19.76%	Q _{Extracción}	704	Q _{Concesión}	565
b	85.68%	14.32%	Q _{Concesión}	565	Q _A	484
c	68.75%	31.25%	Q _{Extracción}	704	Q _A	484
d	100.00%	0.00%	Q _{Bombeo}	189	Q _B	189
DR-005	80.00%	20.00%	Q _{Aplicación}	673	Q _{No Consumido}	135
e	55.00%	45.00%	Q _{No Consumido}	135	Q _{Retorno}	74

La Tabla 111 muestra las perdidas por evaporación e infiltración consideradas por tramo una vez que las medidas de conservación de agua han sido aplicadas en el DR-005. Las perdidas consideradas en el tramo “a” no sufrieron modificación con respecto a las propuestas sin las medidas de conservación. Para el tramo “b” se consideraron las mismas perdidas por evaporación que sin las medidas de conservación (10%). Por el contrario, debido a las medidas de conservación se estimo una disminución en las perdidas por infiltración, las cuales pasaron de 13.84% al 4.32%. Para el tramo “d” no se considero perdida alguna, de igual forma que en la descripción del sistema sin la medidas de conservación. En el Distrito de riego se considero un incremento en la eficiencia de aplicación del 54 al 80%. Finalmente, en el tramo “e”, se adoptaron los mismo valores de perdidas por evaporación (20%) e infiltración (25.07%) consideradas sin las medidas de conservación.

El agua ahorrada será almacenada y contabilizada por año en cada presa. Al final de cada año hidrológico se obtendrá el volumen final ahorrado, el cual ha sido afectado por las perdidas por evaporación a las cuales está sujeta el agua ahorrada, ya que es almacenada en las presas La Boquilla y Francisco I. Madero. En este escenario, los volúmenes ahorrados estarán disponibles para el DR-005.

Tabla 111. Pérdidas por evaporación y conducción por tramo propuestas una vez que la implementación de las medidas de conservación han sido realizadas en el DR-005.

Tramo	Eficiencia (%)	Pérdidas (%)	Q _{Entrada}		Pérdidas			
					Evaporacion		Infiltracion	
			Variable	(hm ³ /año)	%	(hm ³ /año)	%	(hm ³ /año)
a	80.24%	19.76%	Q _{Extracción}	704	19.76%	139.1	0%	0
b	85.68%	14.32%	Q _{Concesión}	564.952	10.00%	56.5	4.32%	24.4
c	68.75%	31.25%	Q _{Extracción}	704	27.78%	195.6	3.47%	24.4
d	100.00%	0.00%	Q _{Bombeo}	188.959	0%	0	0%	0
DR-005	80.00%	20.00%	Q _{Aplicación}	673.013	N/A	N/A	N/A	N/A
e	55.00%	45.00%	Q _{No Consumido}	134.6	20.00%	26.9	25.07%	33.7
					Total	222.5	Total	58.2

Concesiones

La Tabla 112 y Figura 120 muestra el volumen de concesión, la extracción y déficit promedio, así como la extracción mínima en las cuentas Baseline Run y Scenario II.A.1.a, para los distritos de riego seleccionados.

Tabla 112. Volumen de concesión, extracción y déficit promedio para los distritos de riego, Escenario II.A.1.a.

Distrito de Riego	Cuenta	Concesión (hm ³ /año)	Extracción Promedio (%)	Déficit Promedio (%)	Extracción Mínima (%)
DR 005 Delicias	BR	906.1	94.3%	5.7%	45%
	Sc. II.A.1.a	673.0	96.4%	3.6%	55%
DR 025 Bajo Rio Bravo	BR	861.0	98%	2%	61%
	Sc. II.A.1.a	861.0	98%	2%	62%
DR 090 Bajo Rio Conchos	BR	85.0	100%	0%	91%
	Sc. II.A.1.a	85.0	100%	0%	91%
WMS 8 Agriculture A	BR	374.3	69%	31%	25%
	Sc. II.A.1.a	374.3	69%	31%	25%
WMS 9-13 Agriculture A	BR	1427.2	69%	31%	25%
	Sc. II.A.1.a	1427.2	69%	31%	25%

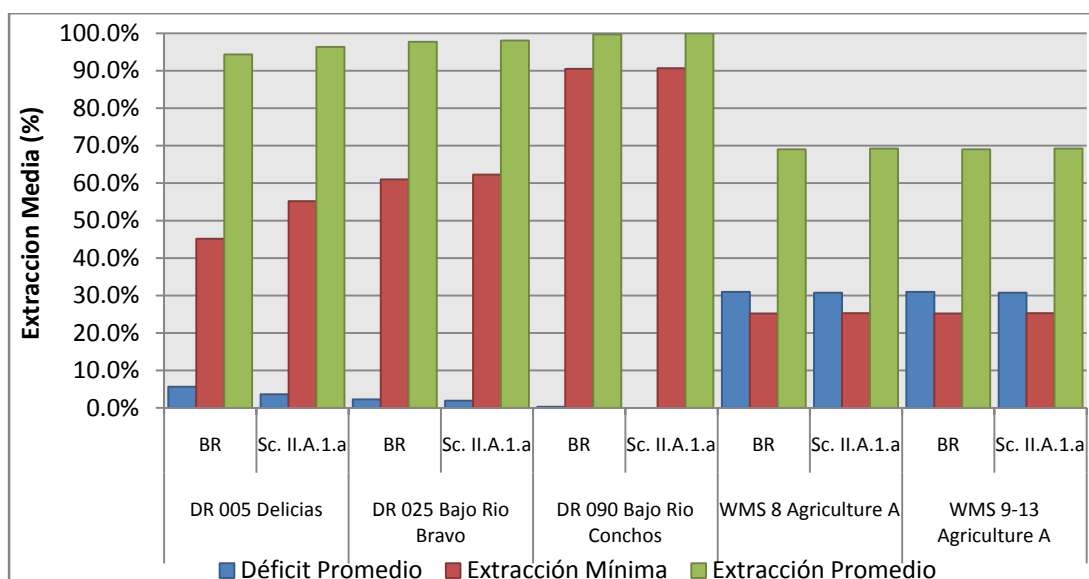


Figura 120. Extracción y déficit promedio para los distritos de riego, Escenario II.A.1.a.

La Tabla 113 y Figura 121 muestra el volumen de concesión, la extracción y déficit promedio, así como la extracción mínima en las cuentas Baseline Run y Scenario II.A.1.a, para los usos Público-Urbano seleccionados.

Tabla 113. Volumen de concesión, extracción y déficit promedio para los usos Público-Urbano, Escenario II.A.1.a.

Uso Público Urbano	Cuenta	Concesión (hm ³ /año)	Extracción Promedio (%)	Déficit Promedio (%)	Extracción Mínima (%)
Matamoros	BR	48.0	100%	0%	100%
	Sc. II.A.1.a	48.0	100%	0%	100%
Nuevo Laredo	BR	36.1	100%	0%	100%
	Sc. II.A.1.a	36.1	100%	0%	100%
Piedras Negras	BR	36.0	100%	0%	100%
	Sc. II.A.1.a	36.0	100%	0%	100%
Reynosa	BR	67.0	100%	0%	100%
	Sc. II.A.1.a	67.0	100%	0%	100%
Brownsville	BR	85.5	100%	0%	100%
	Sc. II.A.1.a	85.5	100%	0%	100%
Eagle Pass	BR	9.5	100%	0%	100%
	Sc. II.A.1.a	9.5	100%	0%	100%
Laredo	BR	57.0	100%	0%	100%
	Sc. II.A.1.a	57.0	100%	0%	100%
McAllen	BR	0.8	100%	0%	100%
	Sc. II.A.1.a	0.8	100%	0%	100%
WMS 9-13 Municipal	BR	201.5	100%	0%	100%
	Sc. II.A.1.a	201.5	100%	0%	100%

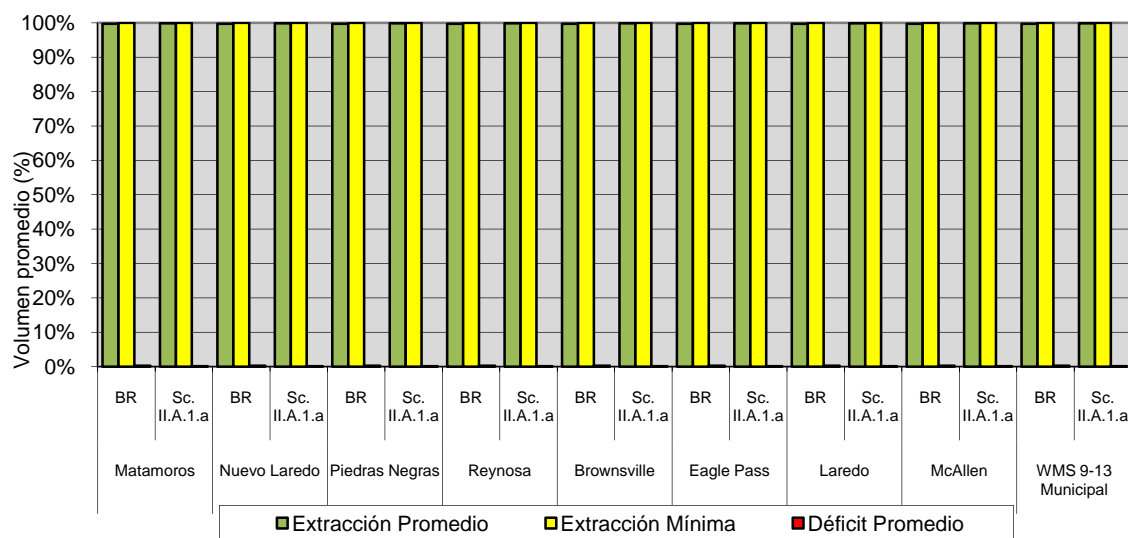


Figura 121. Extracción y déficit promedio para los usos Público -Urbano, Escenario II.A.1.a.

Las medidas de conservación de agua en la cuenca del Río Conchos y su distribución entre los usuarios de la misma cuenca benefician al distrito de riego DR-005 Delicias, con un incremento en su extracción promedio de 94.3 a 96.4%. De forma similar, el distrito de riego DR-025 Bajo Río Bravo presento un incremento en su extracción promedio de 97.8 a 98.1%.

Los usos Publico-Urbano no se vieron afectados por las medidas de conservación del agua en la cuenca del Río Conchos, presentando todos una extracción del 100%.

Estos resultados muestran que las medidas de conservación incrementan la disponibilidad de agua para el DR-005 Delicias de forma sustancial, incrementando su extracción mínima y disminuyendo su déficit promedio. Además, debido al incremento en el almacenamiento de las presas La Boquilla y F. Madero, los demás distritos de riego, aguas abajo del DR-005, se vieron beneficiados por las medidas de conservación.

Tratado

La Tabla 114 y Figura 122 muestra el volumen medio anual, mínimo y máximo con respecto al volumen medio anual (431.721 hm³/año) destinado al cumplimiento del tratado de 1944 en las cuentas Baseline Run y Scenarío II.A.1.a para los Ríos Conchos, San Diego, San Rodrigo, Escondido, Salado y Arroyo Las Vacas.

De los resultados presentados en la Tabla 114 y Figura 122 se puede apreciar que para las obligaciones del tratado, el Río Conchos no presento cambio alguno en su volumen promedio anual destinado al tratado, permaneciendo en el 83%, con respecto al volumen promedio anual comprometido por concepto del tratado que es de 431.721 hm³/año. Además, el volumen mínimo disminuyo (de 14 a 12%) y el volumen máximo se incremento (de 316 a 318%). Los resultados anteriores indican que en general, el uso de

los volúmenes ahorrados de forma exclusiva para el DR-005 Delicias no perjudican las entregas del Río Conchos por concepto de obligaciones del tratado. Sin embargo, estas entregas si ven afectadas en épocas de sequía y periodos de lluvia abundante.

Tabla 114. Volumen promedio, mínimo, máximo destinado al cumplimiento del tratado de los ríos establecidos en el tratado de 1944, Escenario II.A.1.a.

Escurrimiento	Escenario	Escurrimiento				Desviación Estándar (hm³/año)
		Promedio		Mínimo (%)	Máximo (%)	
		(hm³/año)	(%)			
Arroyo Las Vacas	BR	6.4	1%	0%	7%	4.7
	Sc. II.A.1.a	6.4	1%	0%	7%	4.7
Río Conchos	BR	357.4	83%	14%	316%	205.1
	Sc. II.A.1.a	357.7	83%	12%	318%	214.0
Río Escondido	BR	31.0	7%	0%	19%	21.6
	Sc. II.A.1.a	31.0	7%	0%	19%	21.6
Río Salado	BR	108.3	25%	3%	134%	123.8
	Sc. II.A.1.a	108.3	25%	3%	135%	124.1
Río San Diego	BR	73.1	17%	7%	40%	36.3
	Sc. II.A.1.a	73.2	17%	7%	40%	36.2
Río San Rodrigo	BR	49.6	11%	1%	68%	49.7
	Sc. II.A.1.a	49.6	11%	1%	68%	49.7
Obligaciones del Tratado	BR	625.8	145%	62%	371%	298.2
	Sc. II.A.1.a	626.3	145%	57%	373%	301.6

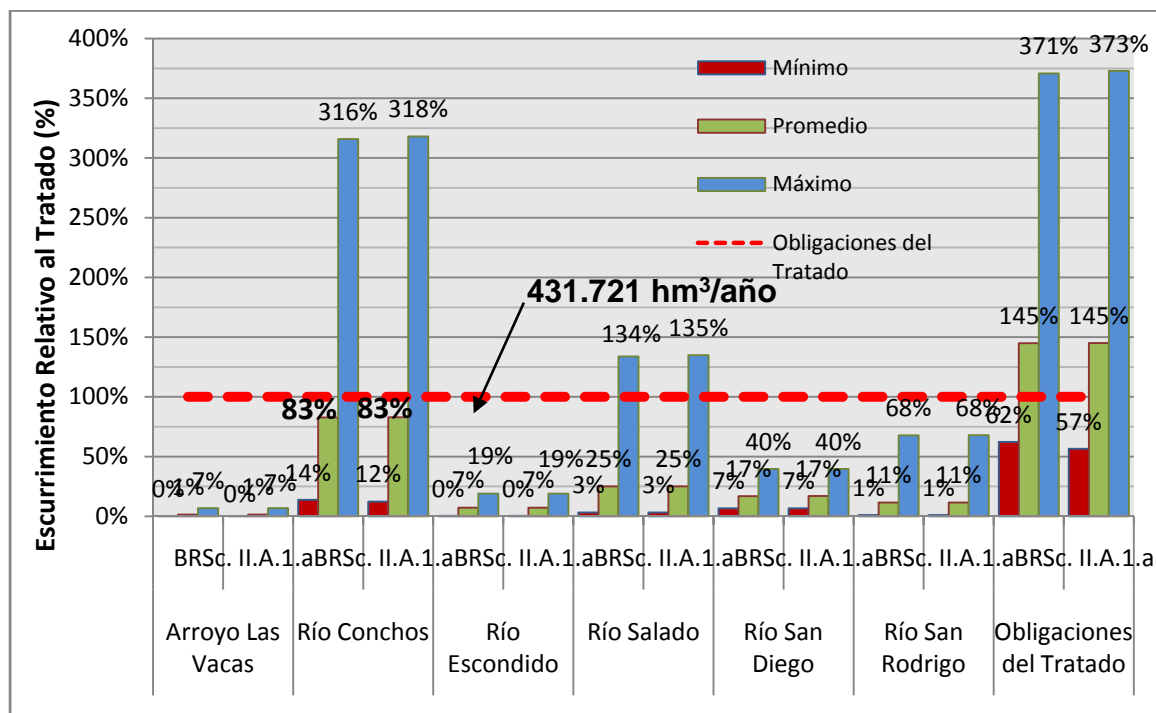


Figura 122. Volumen promedio, mínimo y máximo destinado al cumplimiento del tratado de los ríos establecidos en el tratado de 1944, Escenario II.A.1.a.

La Tabla 115 muestra un comparativo de los volúmenes de agua entregados por concepto de tratado para el escenario de referencia Baseline Run y el Escenario II.A.1.a. Estos resultados muestran que para el tercer ciclo del tratado (1950-1955), en la cuenta de referencia Baseline Run se presentó un déficit para las obligaciones del tratado de 677.7 hm³, el cual en el Escenario II.A.1.a se incremento a 778 hm³. En el 12 ciclo (1995-2000) se presentó un déficit para las obligaciones del tratado en la cuenta de referencia Baseline Run de 488.9 hm³, el cual se disminuyo marginalmente en el Escenario II.A.1.a a 479.1 hm³.

Tabla 115. Volumen de agua entregado por concepto de obligaciones del tratado, Escenario II.A.1.a.

Ciclo	Periodo	Duración (Años)	Volumen Comprometido (hm ³)	Baseline Run		Escenario II.A.1.a	
				Entregado	Diferencia	Entregado	Diferencia
				(hm ³)	(hm ³)	(hm ³)	(hm ³)
1	1940-1945	5	2159	2997.4	838.4	3077.2	918.2
2	1945-1950	5	2159	2462.5	303.5	2436.1	277.1
3	1950-1955	5	2159	1481.3	-677.7	1371.0	-788.0
4	1955-1960	5	2159	3322.0	1163.0	3312.9	1153.9
5	1960-1965	5	2159	2449.8	290.8	2402.4	243.4
6	1965-1970	5	2159	3110.1	951.1	3116.0	957.0
7	1970-1975	5	2159	4253.7	2094.7	4184.3	2025.3
8	1975-1980	5	2159	4251.5	2092.5	4231.9	2072.9
9	1980-1985	5	2159	3403.0	1244.0	3296.9	1137.9
10	1985-1990	5	2159	3965.5	1806.5	3956.8	1797.8
11	1990-1995	5	2159	4167.5	2008.5	3901.2	1742.2
12	1995-2000	5	2159	1670.1	-488.9	1679.9	-479.1

Acuífero Meoqui

La Tabla 116 y Figura 123 muestran un comparativo entre las cuentas Baseline Run y Scenarior II.A.1.a del volumen mensual promedio del acuífero Meoqui-Delicias. Todos los porcentajes son calculados con respecto al volumen medio mensual de la cuenta Baseline Run. Al final del periodo de análisis, el almacenamiento del acuífero Meoqui para la cuenta Baseline Run y Scenarior II.A.1.a fue de 59.47 hm³ y de 5.23 hm³ respectivamente.

Tabla 116. Almacenamiento medio mensual del acuífero Mecoqui, Escenario II.A.1.a.

Mes	Media			
	Baseline Run		Escenario II.A.1.a	
	(hm ³)	(%)	(hm ³)	(%)
Oct	214.1	90%	22.8	10%
Nov	246.1	103%	53.8	23%
Dic	279.3	117%	86.3	36%
Ene	282.6	118%	77.8	33%
Feb	285.6	120%	68.9	29%
Mar	266.9	112%	29.9	13%
Abr	245.6	103%	26.4	11%
May	236.7	99%	23.3	10%
Jun	217.0	91%	22.9	10%
Jul	198.2	83%	21.2	9%
Ago	192.0	80%	18.6	8%
Sep	200.7	84%	17.5	7%
Media	238.7	100%	39.1	16%

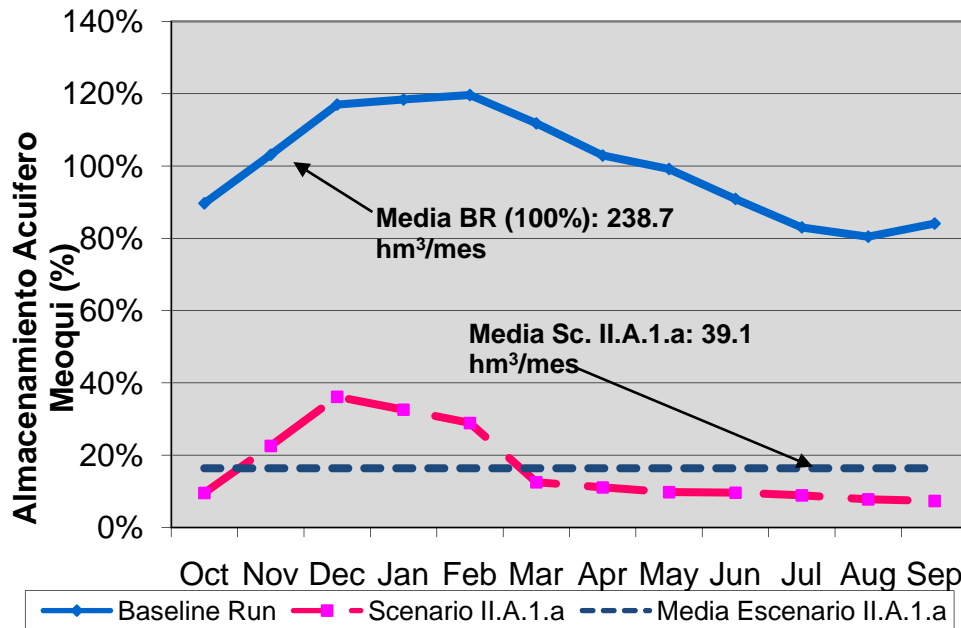


Figura 123. Almacenamiento mensual medio del acuífero Mecoqui, Escenario II.A.1.a

La Figura 124 muestra el almacenamiento registrado para las cuentas Baseline Run y Escenario II.A.1.a del acuífero Mecoqui. Como se puede apreciar, debido a las medidas de conservación del agua, se presentó una dramática reducción en el almacenamiento del acuífero Mecoqui, en comparación con la Cuenta de Referencia Baseline Run, ya que una menor cantidad de agua se infiltra proveniente de los canales y redes de distribución.

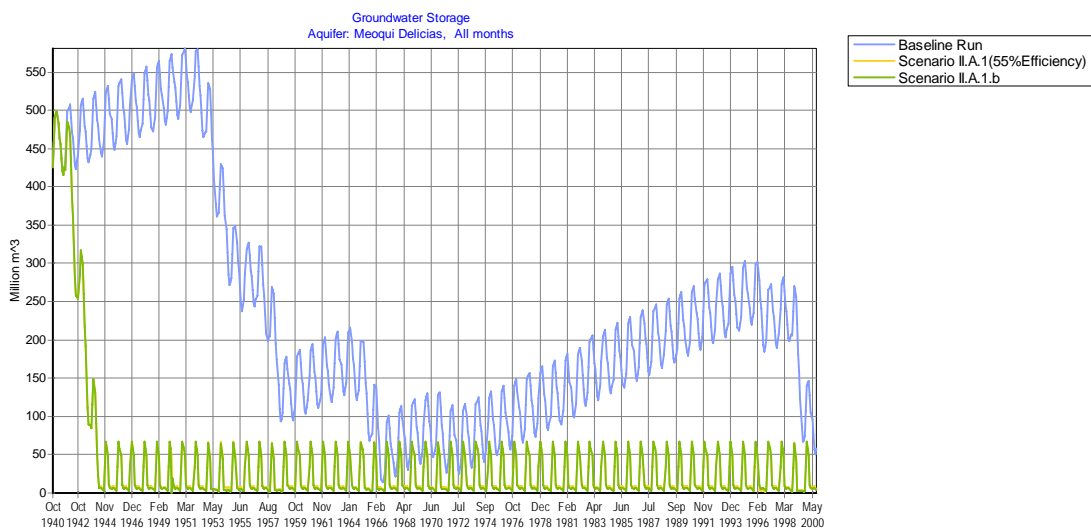


Figura 124. Comparativo del almacenamiento del Acuífero Mecoqui, Escenario II.A.1.a.

La Figura 124 muestra la dependencia del acuífero Mecoqui a los volúmenes de recarga provenientes de la infiltración de agua debido a la conducción en los canales. Estos resultados están basados de acuerdo a los porcentajes de infiltración y evaporación propuestos en el Escenario II.A.1 sección “*Descripción del modelo de simulación previo a la tecnificación y modernización.*” y Escenario II.A.1.a sección “*Simulación de las medidas de conservación de agua mediante el proyecto de tecnificación y modernización del DR-005 establecido en el Acta 309*”. **Es necesaria una investigación a detalle de los porcentajes de evaporación e infiltración propuestos para la validación de estos resultados.**

Criterios de desempeño

La Tabla 117 y Figura 125 muestran la confiabilidad para los distritos de riego. La Tabla 118 y Figura 126 muestran la confiabilidad para los usos Público-Urbanos

Tabla 117. Confiabilidad para distritos de riego, Escenario II.A.1.a

Distrito de Riego	Concesión (hm ³ /año)	Confiabilidad (%)	
		Baseline Run	Escenario II.A.1.a
DR-005 Delicias	906.07/673.01	76.5	84.2
DR-025 Bajo Rio Bravo	861.0	97.4	97.5
DR-090 Bajo Rio Conchos	85.0	100.0	100.0
WMS 8 Agriculture A	374.3	22.5	22.8
WMS 9-13 Agriculture A	1427.2	22.5	22.8

Tabla 118. Confiabilidad para usos público-urbanos, Escenario II.A.1.a

Uso Público-Urbano	Concesión (hm ³ /año)	Confiabilidad (%)	
		Baseline Run	Escenario II.A.1.a
Matamoros	48.0	100.0	100.0
Nuevo Laredo	36.1	100.0	100.0
Piedras Negras	36.0	100.0	100.0
Reynosa	67.0	100.0	100.0
Brownsville	51.5	100.0	100.0
Eagle Pass	9.5	100.0	100.0
Laredo	52.7	100.0	100.0
McAllen	0.8	100.0	100.0
WMS 9-13 Municipal	201.5	100.0	100.0

Para los distritos de riego que presentaron una confiabilidad menor al 100%, se calcularon los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo para cada una de estas concesiones. Para los usos Publico Urbanos no es posible calcular los índices de resiliencia y vulnerabilidad ya que presentaron una extracción promedio y confiabilidad del 100%.

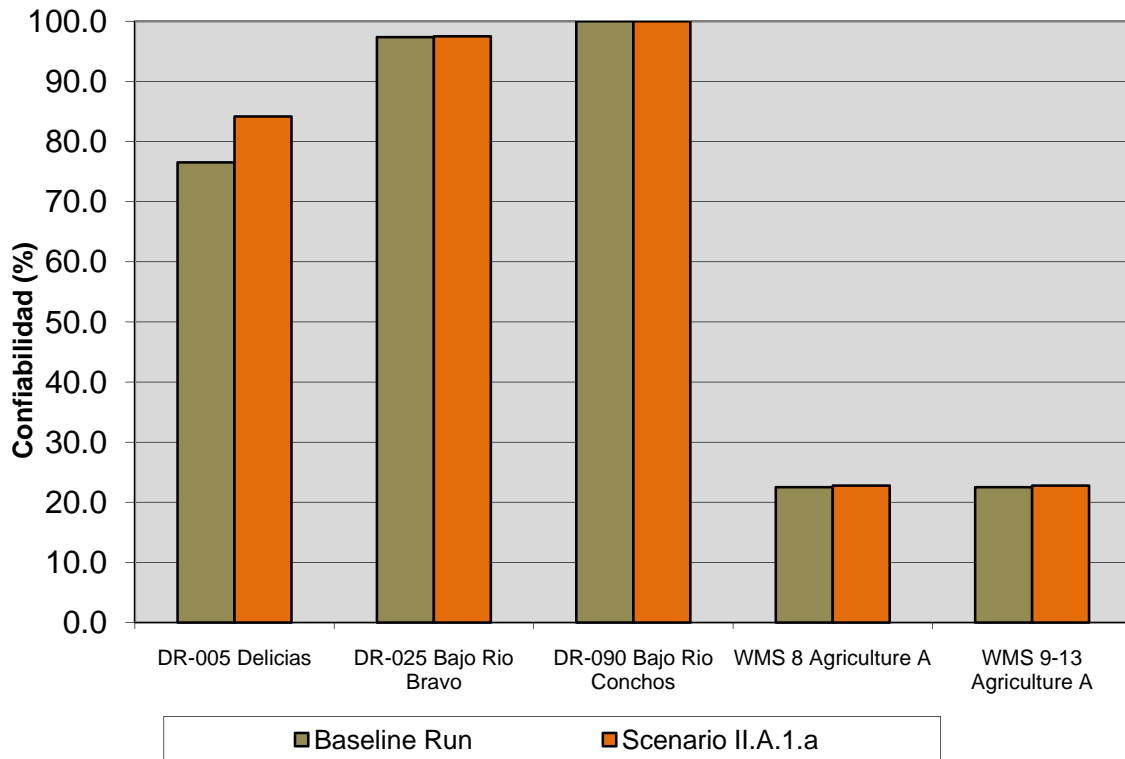


Figura 125. Confiabilidad para distritos de riego, Escenario II.A.1.a

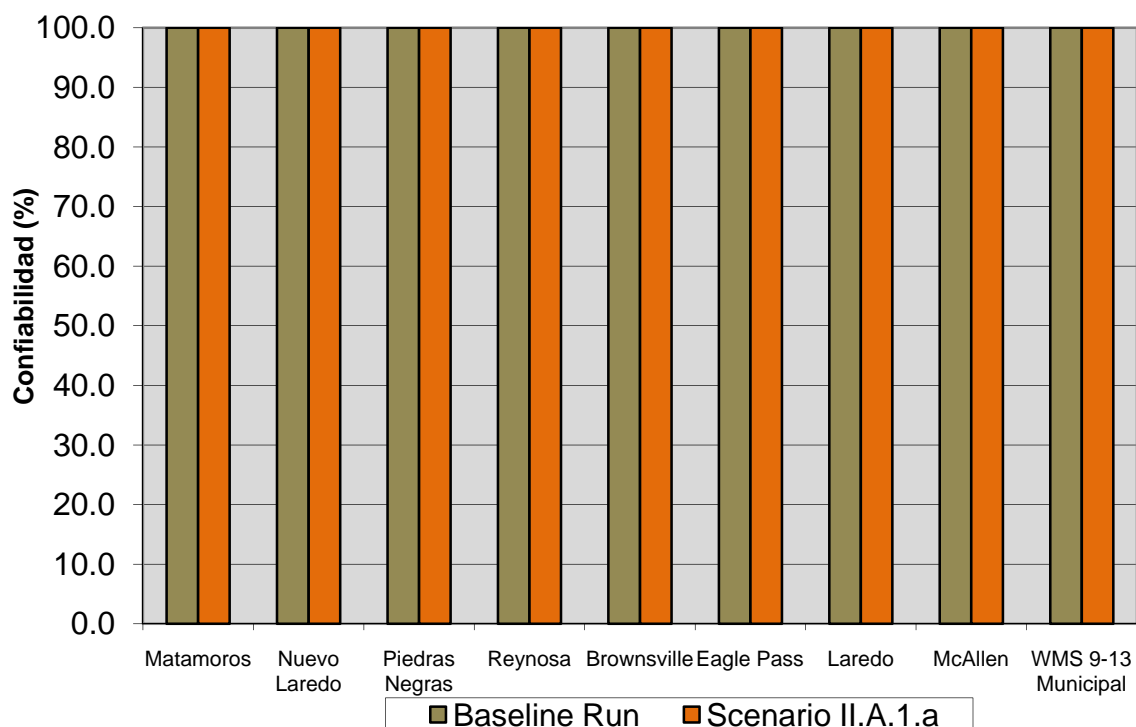


Figura 126. Confiabilidad para usos Público-Urbanos, Escenario II.A.1.a

La Tabla 119 y Figura 127 muestran los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo experimentado para los distritos de riego.

Tabla 119. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y déficit máximo para los distritos de riego que presentaron déficit en su extracción, cuenta Escenario II.A.1.a.

	DR-005		DR-025		WMS 8 "A"		WMS 9-13 "A"	
	BR	II.A.1.a	BR	II.A.1.a	BR	II.A.1.a	BR	II.A.1.a
Total de periodos	720	720	720	720	720	720	720	720
Periodos con Déficit	169	114	20	18	554	557	554	557
Confiabilidad (%)	77%	84%	97.2%	97.5%	23%	23%	23%	23%
Periodos regresando de un déficit	6	18	5	4	15	12	15	12
Resiliencia (%)	4%	16%	25%	22%	3%	2%	3%	2%
Volumen de déficit (hm ³)	2912.5	1627.7	966.5	848.2	6866.0	6849.9	26182.9	26121.5
Vulnerabilidad* (%Concesión/mes)	2%	2%	6%	5%	3%	3%	49%	49%
Déficit Máximo* (%Concesión)	7%	5%	14%	13%	10%	9%	10%	9%
Concesión (hm³/año)	906.1	906.1	861.0	861.0	374.3	374.3	1427.2	1427.2

* Porcentajes obtenidos con respecto al volumen de concesión¹.

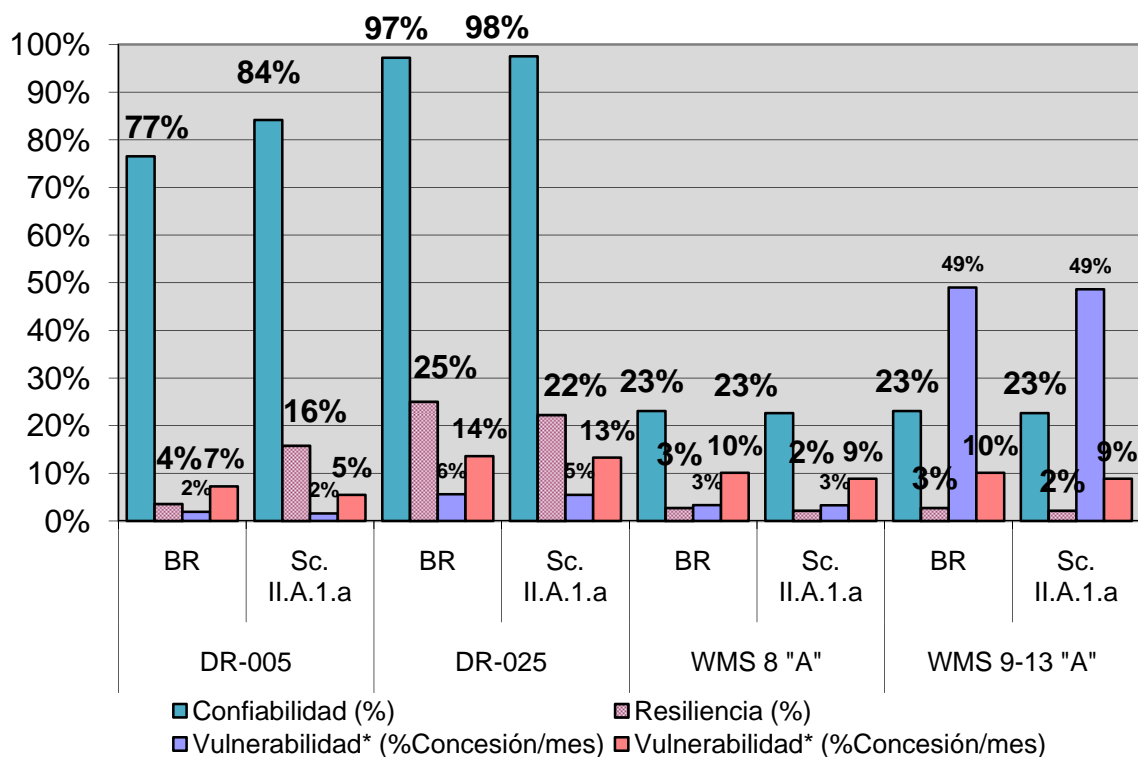


Figura 127. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y Déficit Máximo para los distritos de riego que presentaron déficit en su extracción, cuenta Escenario II.A.1.a.

De estos resultados se puede observar que los distritos de riego que presentaron un incremento en su confiabilidad son el DR-005 Delicias y el DR-025 Bajo Río Bravo, ya que su confiabilidad pasó de 77 a 84% y de 97.2 a 97.5%, respectivamente, debido a que los volúmenes ahorrados por la aplicación de las medidas de conservación del agua, fueron asignados al DR-005. Los demás distritos de riego no presentaron cambio en su confiabilidad. Además, se presentó un incremento en la resiliencia del DR-005 Delicias del 4 al 16%, con respecto a su volumen de concesión.

Presas

La Tabla 120 muestra el Almacenamiento medio mensual, mínimo y máximo para las presas seleccionadas. La Figura 128 muestra estos resultados como porcentaje del NAMO de cada una de las presas.

Las presas La Boquilla y F. Madero presentaron un incremento en su almacenamiento medio, pasando de 59 a 68% y de 58 a 70%, respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa. Por el contrario, las presas Amistad, Falcon y Luís. L. León sufrieron una disminución marginal en su almacenamiento medio, pasando de 87 a 86%, de 82 a 81% y de 108 a 107%, respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa.

Tabla 120. Comparativo del Almacenamiento Medio Mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presas La Boquilla, F. Madero, Luís L. León, Amistad y Falcon, cuenta Escenario II.A.1.a.

Presa	Cuenta	NAMO (hm ³)	Media (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Amistad	BR	3887	87%	36%	116%
	Sc. II.A.1.a		86%	37%	116%
F. Madero	BR	348	58%	9%	100%
	Sc. II.A.1.a		70%	24%	100%
Falcon	BR	3273	82%	35%	107%
	Sc. II.A.1.a		81%	36%	107%
La Boquilla	BR	2903	59%	9%	100%
	Sc. II.A.1.a		68%	23%	100%
Luis L. León	BR	356	108%	52%	140%
	Sc. II.A.1.a		107%	52%	140%

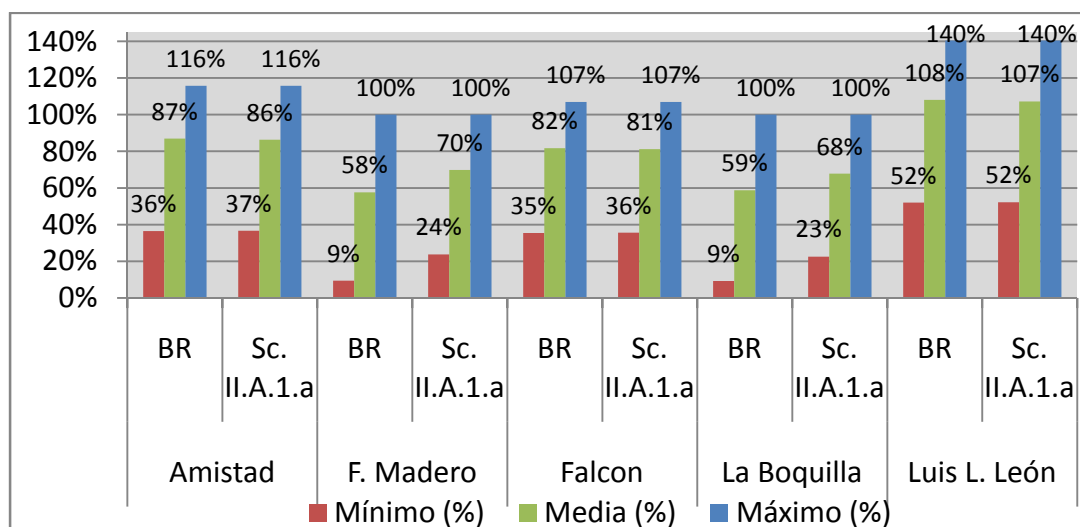


Figura 128. Comparativo del Almacenamiento Medio Mensual y Máximo para la presas La Boquilla, F. Madero, Luís L. León, Amistad y Falcon, Escenario II.A.1.a.

Debido a que las medidas de conservación del agua en el DR-005 Delicias son almacenadas en las presas La Boquilla y F. Madero, estas dos presas sufrieron un incremento en su almacenamiento. La Figura 129 y Figura 130 muestran el comparativo del almacenamiento entre el escenario de referencia Baseline Run y el Escenario II.A.1.a. A su vez, también se muestran los ahorros de agua almacenados en cada presa debido a las medidas de conservación de agua propuestas en el Acta 309.

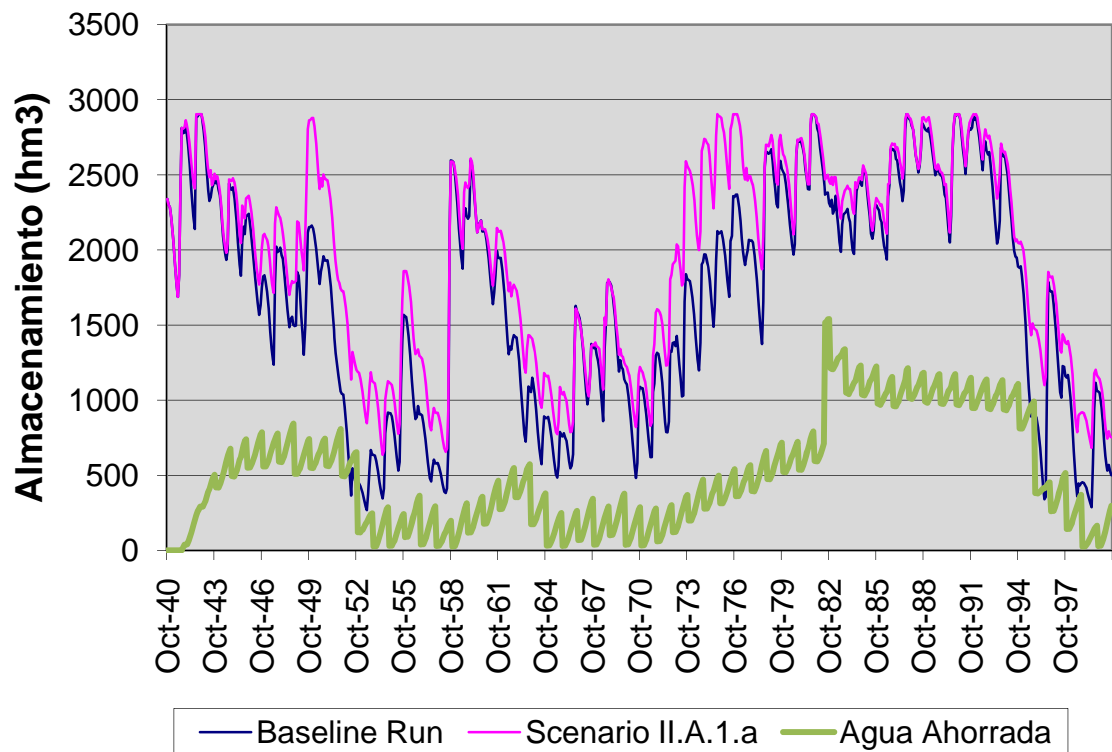


Figura 129. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa La Boquilla, Baseline Run Vs. Escenario II.A.1.a.

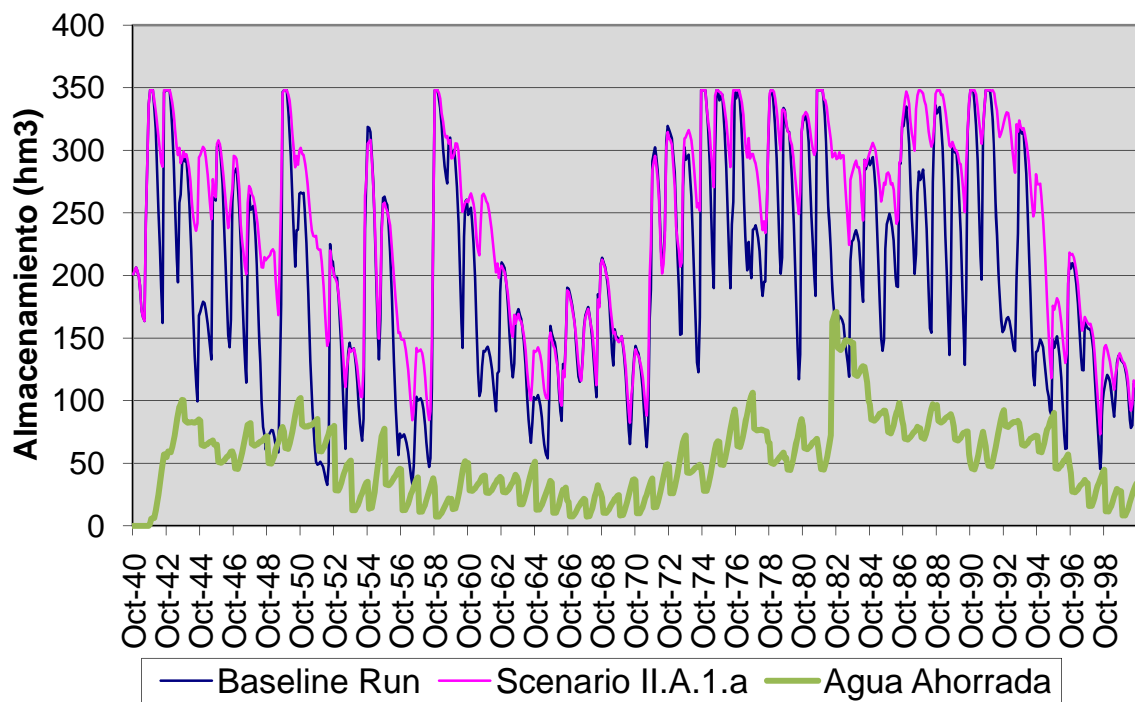


Figura 130. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa F. Madero, Baseline Run Vs. Escenario II.A.1.a.

El almacenamiento en las presas Amistad, Falcon y Luís L. León no presentan cambios significativos en su almacenamiento, como se muestra en la Figura 131, Figura 132 y Figura 133, respectivamente.

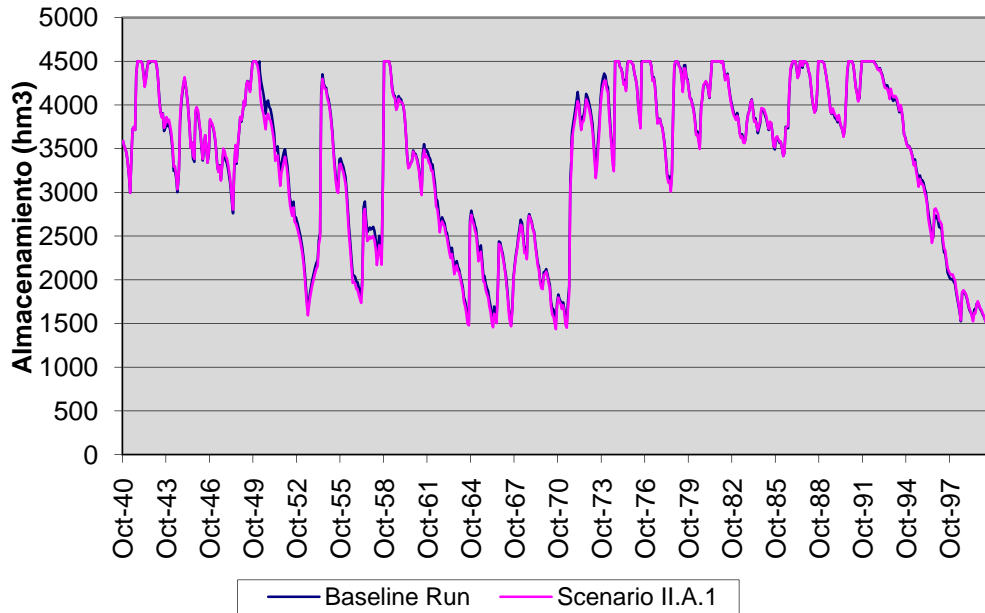


Figura 131. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Amistad, Baseline Run Vs. Escenario II.A.1.a.

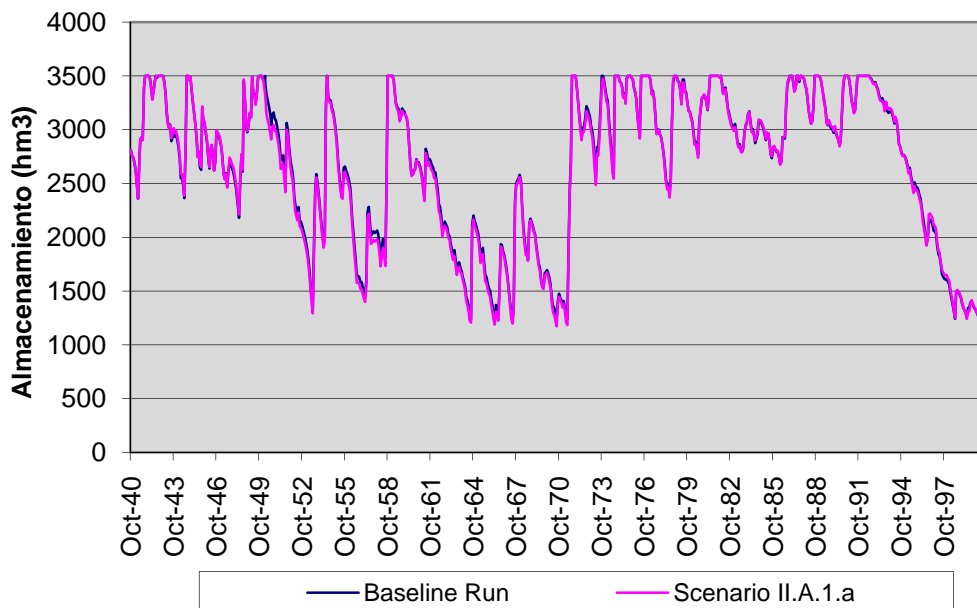


Figura 132. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Falcon, Baseline Run Vs. Escenario II.A.1.a.

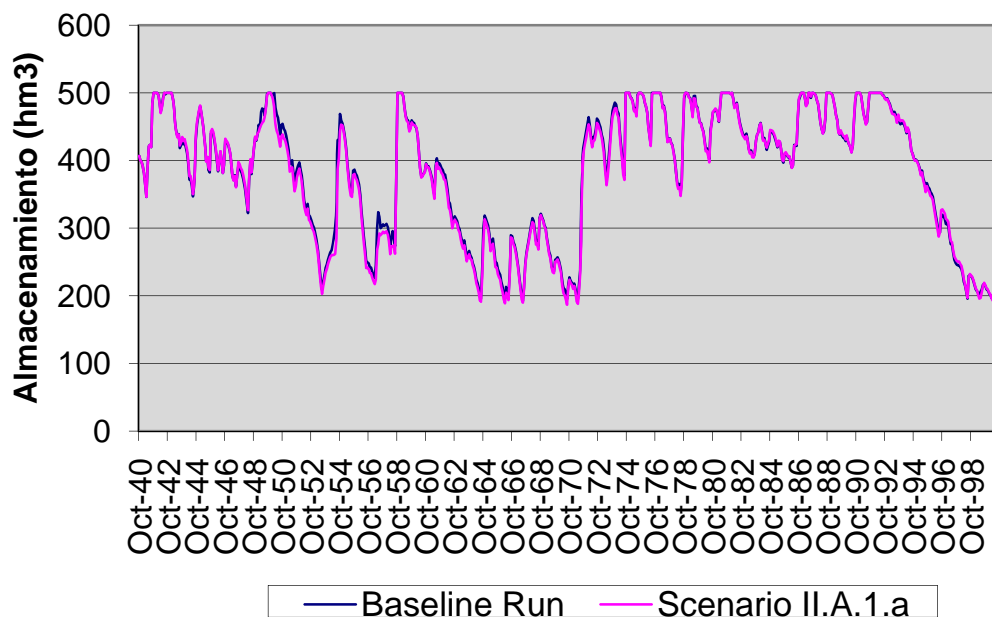


Figura 133. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Luís L. León, Baseline Run Vs. Escenario II.A.1.a.

Almacenamiento del agua ahorrada debido a las medidas de conservación descritas en el Acta 309

La **Figura 134** muestra el almacenamiento propuesto al principio del año hidrológico, el almacenamiento real y el almacenamiento de los ahorros en las presas La Boquilla y F. Madero. El almacenamiento propuesto al principio del año hidrológico está en función del volumen de extracción de las presas La Boquilla y F. Madero el cual a su vez, está en función del almacenamiento disponible en las presas para abastecer al DR-005 Delicias. El volumen inicial propuesto es calculado de acuerdo a lo establecido en el Acta 309 sostenida entre la CILA y el IBWC. El volumen de ahorro real considera los volúmenes de evaporación perdidos debido al almacenamiento en presas. La Figura 134 también muestra el almacenamiento en las presas La Boquilla y F. Madero de los volúmenes ahorrados.

La Tabla 121 muestra el resumen de los volúmenes ahorrados en el Escenario II.A.1.a. **En promedio, el ahorro inicial propuesto al principio del año hidrológico es de 330.8 hm³.** Este valor contrasta con el ahorro máximo propuesto de 343 hm³/año. Además, **el ahorro real promedio es de 236.3 hm³/año.** Realizando una relación entre el volumen inicial propuesto con el volumen real ahorrado nos da un cociente de 0.7277, es decir, **en promedio solo el 72.77% del agua inicial propuesta es ahorrada en la realidad,** debido a las pérdidas por evaporación que se presentan en las presas La Boquilla y F. Madero. Además, en la presa **La Boquilla se almacena en promedio 219.2 hm³/año** del agua ahorrada, volumen que representa el 92.75% del agua real ahorrada por año (236.3 hm³/año). El almacenamiento del agua ahorrada en la presa La Boquilla se presenta en la **Figura 134.** En la presa **Francisco I. Madero se almacena en promedio 17.1 hm³/año,**

volumen que representa el 7.25% del agua real ahorrada por año (236.3 hm³/año). El almacenamiento del agua ahorrada en la presa Francisco Madero se presenta en la **Figura 134**.

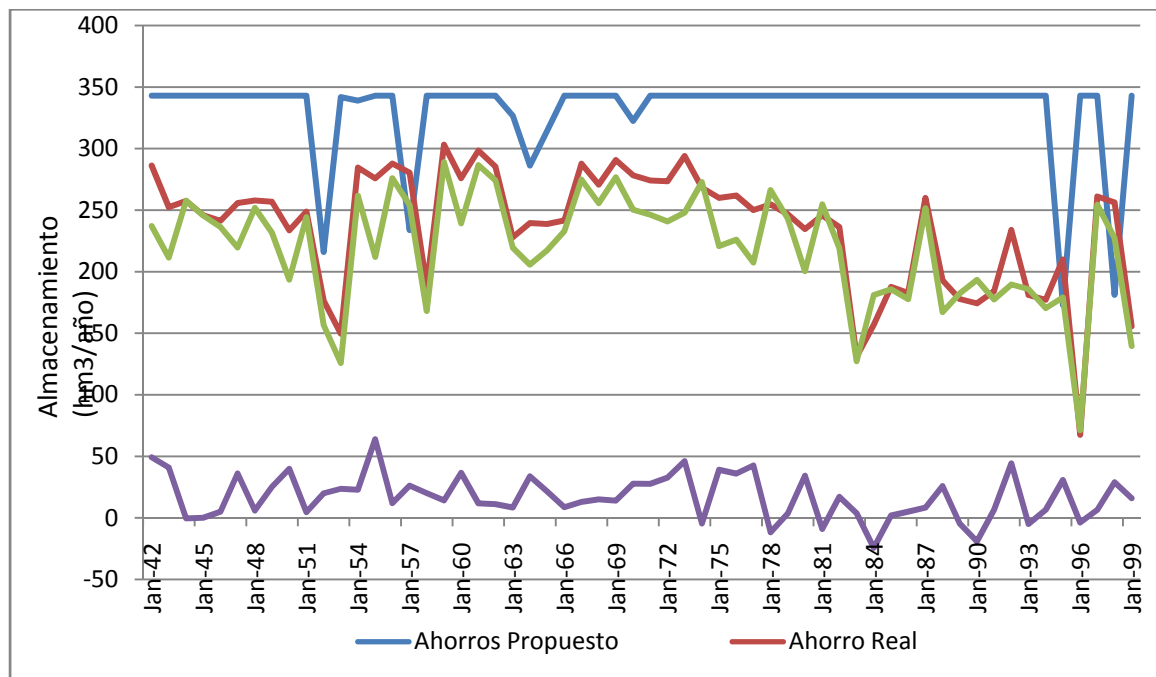


Figura 134. Almacenamiento de los volúmenes ahorrados debido a las medidas de conservación en las presas La Boquilla y F. Madero, Escenario II.A.1.a.

Tabla 121. Volúmenes promedio, mínimo y máximo de ahorros propuesto, real, ahorro en La Boquilla y F. Madero, Escenario II.A.1.a.

	Media		Mínimo (hm ³ /año)	Máximo (hm ³ /año)
	(hm ³ /año)	(%)		
Maximo Volumen Propuesto	343.0	N/A	N/A	N/A
Volumen inicial propuesto	330.8	N/A	172.8	343.0
Volumen Real Ahorrado	236.3	71%	67.4	303.2
Volumen Ahorrado en La Boquilla	219.2	93%	71.2	289.0
Volumen Ahorrado en F. Madero	17.1	7%	-24.3	63.9

N/A.- No aplica

La Tabla 122 muestra el promedio de los déficits de agua superficial y subterránea que se presentaron en el DR-005 Delicias. Estos resultados muestran que en **promedio se presenta un déficit de agua subterránea de 179.4 hm³/año**, volumen que representa un déficit del 94.9%, con respecto al volumen de concesión de agua subterránea (189.0 hm³/año). Estos valores coinciden con los resultados mostrados en la **Tabla 116** y **Figura 124**. El déficit promedio de agua superficial es de 61.8 hm³/año, volumen que representa un déficit del 10.9%, con respecto al volumen de concesión de agua superficial (564.9 hm³/año) una vez que las medidas de conservación hayan sido implementadas en el DR-005.

Tabla 122. Déficit de agua superficial, subterránea, asignación de agua a los déficits total, proveniente de La Boquilla y F. Madero, Escenario II.A.1.a.

	Media		Mínimo (hm ³ /año)	Máximo (hm ³ /año)
	(hm ³ /año)	(%)		
Deficit de Agua Superficial*	61.8	7%	0	357.1
Deficit de Agua Subterránea**	179.4	95%	0	187.1
Subtotal***	241.2	32%		
Asignación del agua ahorrada hacia déficit***	223.3	29%	0	540.8
Asignación de agua proveniente de La Boquilla	196.1	88%	0	495.7
Asignación de agua proveniente de F. Madero	27.1	12%	0	103.0

Con respecto al volumen de concesión de agua superficial* (569 hm³/año), subterránea** (189 hm³/año), o total*** (758 hm³/año), según sea el caso.

Además, en la **Tabla 122** se muestra que la asignación promedio del agua ahorrada para cubrir los déficit de las demanda del DR-005 Delicias es de 223.3 hm³/año, de los cuales, el 87.8% (196.1 hm³/año) provienen de la presa La Boquilla y el 12.2% (27.1 hm³/año) provienen de la presa Francisco I. Madero.

Uno de los resultados más significativos de este escenario es el almacenamiento del Acuífero Meoqui, el cual sufrió un drástico decremento en el volumen de almacenamiento, provocado por un menor volumen de agua infiltrada debido al revestimiento de canales establecidos en el Acta 309. La muestra Figura 135 como el acuífero Meoqui puede sufrir graves consecuencias en su almacenamiento, si una parte sustancial del volumen de recarga proviene de la infiltración de agua producto de la conducción en canales en el DR-005. Estos resultados están basados de acuerdo a los porcentajes de infiltración y evaporación propuestos en el Escenario II.A.1 sección “*Descripción del modelo de simulación previo a la tecnificación y modernización.*” y Escenario II.A.1.a sección “*Simulación de las medidas de conservación de agua mediante el proyecto de tecnificación y modernización del DR-005 establecido en el Acta 309*”. **Es necesaria una investigación a detalle de los porcentajes de evaporación e infiltración propuestos para la validación de estos resultados.**

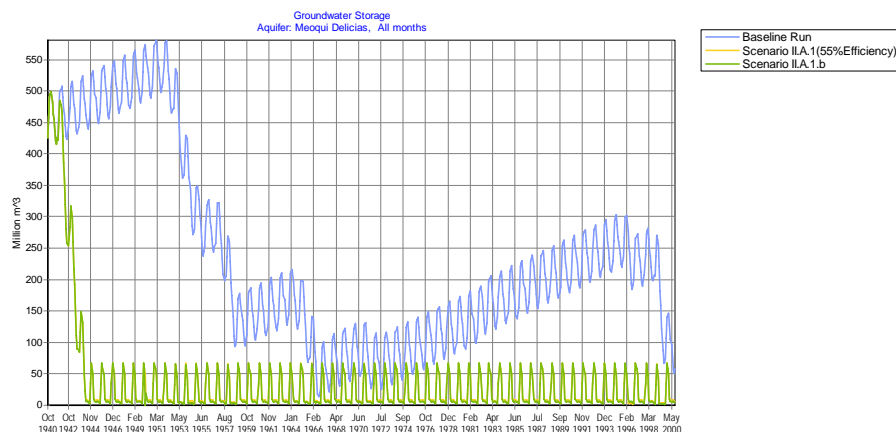


Figura 135. Comparativo del almacenamiento del Acuífero Meoqui, Escenario II.A.1.a.

Conclusiones

Las medidas de conservación del agua presentan efectos positivos y negativos en el sistema de abastecimiento del DR-005 Delicias. Por una parte, debido a las medidas de conservación del agua, en las presas La Boquilla y F. Madero se presentó un mayor almacenamiento, lo cual repercutió en un incremento en la extracción media y confiabilidad del DR-005. Es un hecho que las medidas de conservación incrementan la disponibilidad de agua superficial en estas dos presas, aunque no en la cantidad declarada en el Acta 309 (27% menor que lo estimado). Por el contrario, debido a que gran parte de las medidas de conservación del agua implican la disminución en las pérdidas por infiltración en canales, así como una mayor eficiencia en la aplicación del agua, el volumen de recarga del acuífero Meoqui se vio seriamente afectado, presentando un total abatimiento del almacenamiento. Prácticamente, el acuífero Meoqui fue completamente vaciado, teniendo que ser cubierto el déficit de agua subterránea, por el agua superficial ahorrada debido a las medidas de conservación del agua.

Los resultados del Escenario II.A.1.a muestran que las medidas de conservación del agua propuestas en el Acta 309 son bastante efectivas para el ahorro de agua superficial en las presas, aunque repercuten de forma sustancial en el almacenamiento de agua subterránea en los acuíferos. Debido a esto se recomienda una política integral de manejo de agua que contemple el uso de superficial y subterránea, para evitar el abatimiento total de los acuíferos y presas, como la combinación de las medidas de conservación de agua y el banco de agua mostrado en el Escenario I.B.4.

Realizando un análisis de los ahorros de agua propuestos en el Acta 309 y los resultados obtenidos por el modelo, se estima que solo se ahorra en promedio el 96% (330.8 hm^3) del máximo volumen de ahorro de agua declarado en el Acta 309 ($343 \text{ hm}^3/\text{año}$). A su vez, **del ahorro inicial promedio (330.8 hm^3) solo el 73% de esta agua es ahorrada y almacenada ($236.3 \text{ hm}^3/\text{año}$) en las presas La Boquilla y F. Madero, debido a que en promedio el 27% se pierde por evaporación en las presas.** El agua ahorrada se distribuye de la siguiente forma: 93% en La Boquilla ($219.2 \text{ hm}^3/\text{año}$) y 7% en F. Madero ($17.1 \text{ hm}^3/\text{año}$).

Debido al abatimiento del almacenamiento del acuífero Meoqui, el DR-005 Delicias presentó un déficit promedio en el abastecimiento de aguas subterráneas del 94% ($179.4 \text{ hm}^3/\text{año}$) con respecto al volumen de concesión de agua subterránea ($189.0 \text{ hm}^3/\text{año}$). El déficit promedio de agua superficial es de 10.9% ($61.8 \text{ hm}^3/\text{año}$) con respecto al volumen de concesión de agua superficial ($564.9 \text{ hm}^3/\text{año}$). **La asignación promedio del agua ahorrada para cubrir los déficit de las demandas del DR-005 Delicias es del 95% ($223.3 \text{ hm}^3/\text{año}$) del volumen ahorrado ($236.3 \text{ hm}^3/\text{año}$) en las presas, de los cuales, el 88% ($196.1 \text{ hm}^3/\text{año}$) provienen de la presa La Boquilla y el 12% ($27.1 \text{ hm}^3/\text{año}$) provienen de la presa Francisco I. Madero.**

En conclusión, prácticamente toda el agua ahorrada debido a las medidas de conservación se utiliza para satisfacer el déficit de agua superficial y subterránea del DR-005 Delicias.

***Escenario I.A.1.b Análisis de las medidas de conservación
del agua en la cuenca del Río Concho y distribución
del agua ahorrada a las obligaciones del tratado.***

Resumen de Resultados

El Escenario II.A.1.b del proyecto de escenarios de Manejo del agua para la cuenca del Río Grande/ Bravo, fue elaborado considerando las medidas de conservación del agua implementadas en la cuenca del Río Conchos, la cuales son descritas en el Acta 309 sostenida entre la CILA y el IBWC; así como la distribución del agua ahorrada en las obligaciones del tratado.

Debido a la aplicación de las medidas de conservación, en el presente escenario se creó una cuenta para contabilizar y administrar el agua ahorrada. En el Acta 309 se declara un volumen de ahorro inicial máximo propuesto de 343 hm³/año. Los resultados de la simulación arrojan un promedio del ahorro inicial propuesto de 337.7 hm³ (98% con respecto al ahorro inicial máximo propuesto). Debido a las pérdidas por evaporación en las presa La Boquilla y Francisco I. Madero, el almacenamiento real promedio de los volúmenes ahorrados es de 311.2 hm³/año; en promedio, solo el 92.1% del agua inicial propuesta es ahorrada y almacenada en la realidad debido a las pérdidas por evaporación (7.9% en promedio). En las presas La Boquilla y F. Madero se almacena en promedio 271.1 hm³/año y 40.1 hm³/año del agua ahorrada respectivamente, cuyos volúmenes representan el 87% y 13% del agua real ahorrada por año (311.2 hm³/año).

Para el abastecimiento del DR-005 Delicias se presentó un déficit promedio en el abastecimiento de aguas subterráneas de 108.24 hm³/año, volumen que representa un déficit del 57.3%, con respecto al volumen de concesión de agua subterránea (189.0 hm³/año). El déficit promedio de agua superficial es de 21.5 hm³/año, volumen que representa un déficit del 3.8%, con respecto al volumen de concesión de agua superficial (564.9 hm³/año). Debido a que el agua ahorrada en este escenario es enviada a las obligaciones del tratado, ninguno de estos déficits fue cubierto por el agua ahorrada.

El distrito de riego DR-005 Delicias fue el usuario más afectado con esta política de uso del agua, ya que presentó una fuerte disminución en su extracción promedio de 94.3 a 81.2%, con respecto a su volumen de concesión. Además, se presentó una disminución en su confiabilidad del 76.5% al 37.8%. Los distritos de riego DR-025 Bajo Río Bravo, WMS 8 Agriculture "A" y WMS 9-13 Agriculture "A" presentaron disminuciones marginales en su extracción media, pasando del 98 al 97%, del 69 al 68% y del 69 al 68%, respectivamente. Además, estos distritos de riego presentaron una disminución en su confiabilidad del 97.4 al 96.0%, del 22.5 al 21.3% y del 22.5 al 21.3%, respectivamente. Los usos Público-Urbano presentaron una confiabilidad y extracción promedio del 100%. Para las obligaciones del tratado de 1944, el Río Conchos prácticamente presentó un incremento significativo en su volumen promedio anual destinado al tratado, pasando de 357.4 a 380.2 hm³/año (del 83 al 88% con respecto al

volumen promedio anual comprometido por concepto del tratado que es de 431.721 hm³/año). Tanto el escurrimiento mínimo como el escurrimiento máximo presentaron un aumento del 14 al 21%, y del 316 al 326% (con respecto al volumen promedio anual comprometido por concepto del tratado que es de 431.721 hm³/año), respectivamente. Las presas La Boquilla, F. Madero, Amistad, Falcon y Luís L León presentaron un incremento en su almacenamiento medio, pasando de 59 a 68%, de 58 a 65%, de 87 a 89%, de 82 a 84% y de 108 a 110%, respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa.

Debido a la reducción de los volúmenes de conducción y a la disminución de los coeficientes de infiltración en los canales, el acuífero Meoqui sufrió un drástico decremento en su volumen de almacenamiento, el cual, para el Escenario II.A.1.b es del 16% con respecto al escenario de referencia. Esta disminución en el almacenamiento se debe a que las pérdidas por infiltración de los canales están dirigidas al acuífero Meoqui y como en este escenario se reducen las pérdidas por infiltración y el volumen conducido en los canales, por lo tanto se presenta una menor recarga del acuífero Meoqui. Al final del periodo de análisis, el almacenamiento del acuífero Meoqui para la cuenta Scenariio II.A.1.a (3.42 hm³) fue 17 veces menor que en el escenario de referencia Baseline Run (59.5 hm³), lo que representa un balance negativo del Escenario II.A.1.a con respecto al escenario de referencia Baseline Run. A lo largo de 57 años, el DR-005 Delicias sufrió un déficit en su abastecimiento de agua subterránea de 108.24 hm³/año. Este déficit en la extracción de agua subterránea no fue cubierto por el agua ahorrada ya que esta fue enviada para cubrir las obligaciones del tratado. Es necesaria una investigación a detalle para conocer las características hidrogeológicas del acuífero Meoqui, así como la interacción de este acuífero con el agua superficial.

Antecedentes

En este escenario, los volúmenes de agua ahorrada, debido a las medidas de conservación del agua implementadas en la cuenca del Río Conchos, serán almacenados en las presas La Boquilla y Francisco I. Madero, para su posterior **entrega a las obligaciones del tratado**. Para este escenario, se considero el proyecto de modernización y tecnificación de los distritos de riego en la Cuenca del Río Conchos descrito en el Acta 309 de la CILA-IBWC¹⁵, ya explicado en el Escenario II.A.1 sección “*Descripción del modelo de simulación previo a la tecnificación y modernización*”, y en el Escenario II.A.1.a sección “*Simulación de las medidas de conservación de agua mediante el proyecto de tecnificación y modernización del DR-005 establecido en el Acta 309*”.

En este escenario se establece el envío de los volúmenes ahorrados al Río Bravo/Grande de forma anual, en los meses de Diciembre y Enero, condición que es establecida en el Acta 309 de la CILA/IBWC. De esta forma, *en este escenario se modela fielmente las condiciones y valores establecidos en el Acta 309*.

Concesiones

La **Tabla 123** y Figura 136 muestra el volumen de concesión, la extracción y déficit promedio, así como la extracción mínima en las cuentas Baseline Run y Scenari II.A.1.b, para los distritos de riego seleccionados.

Tabla 123. Volumen de concesión, extracción y déficit promedio para los distritos de riego, Escenario II.A.1.b.

Distrito de Riego	Cuenta	Concesión (hm ³ /año)	Extracción Promedio (%)	Déficit Promedio (%)	Extracción Mínima (%)
DR 005 Delicias	BR	906.1	94.3%	5.7%	45%
	Sc. II.A.1.b	673.0	80.5%	19.5%	44%
DR 025 Bajo Rio Bravo	BR	861.0	98%	2%	61%
	Sc. II.A.1.b	861.0	97%	3%	58%
DR 090 Bajo Rio Conchos	BR	85.0	100%	0%	100%
	Sc. II.A.1.b	85.0	100%	0%	100%
WMS 8 Agriculture A	BR	374.3	69%	31%	25%
	Sc. II.A.1.b	374.3	68%	32%	26%
WMS 9-13 Agriculture A	BR	1427.2	69%	31%	25%
	Sc. II.A.1.b	1427.2	68%	32%	26%

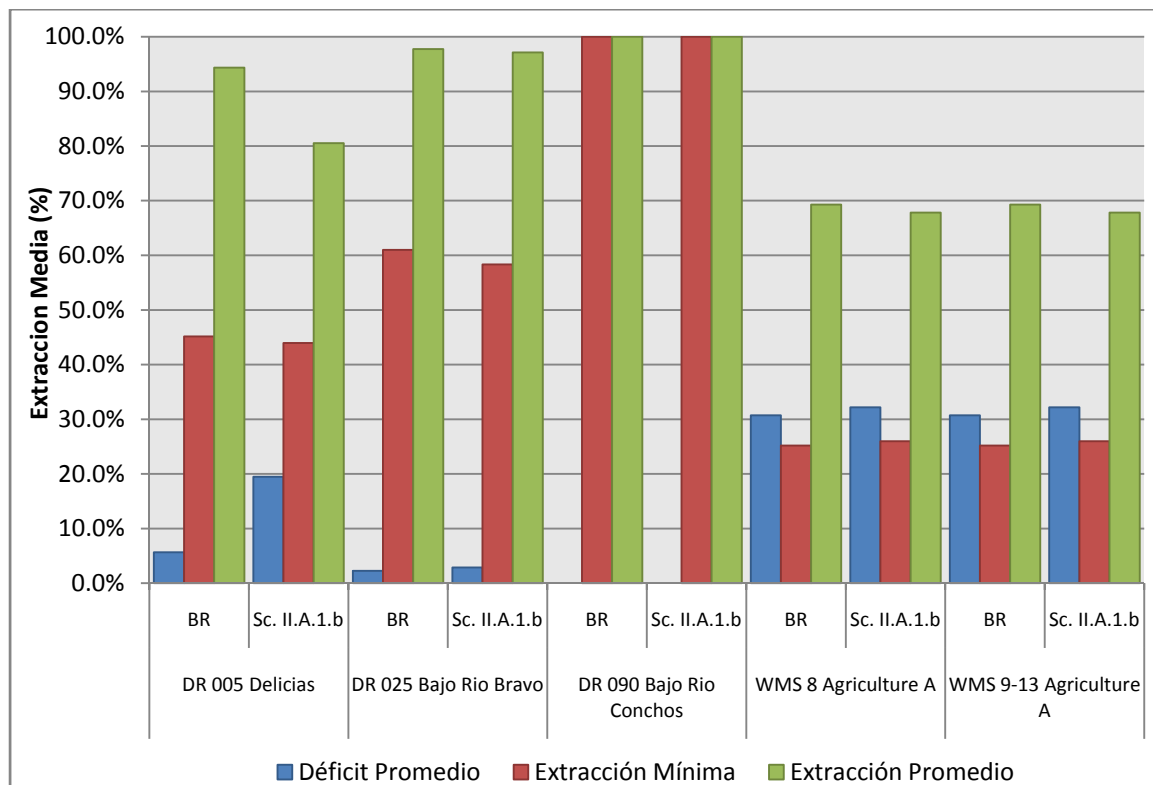


Figura 136. Extracción y déficit promedio para los distritos de riego, Escenario II.A.1.b.

La Tabla 124 y Figura 137 muestra el volumen de concesión, la extracción y déficit promedio, así como la extracción mínima en las cuentas Baseline Run y Scenario II.A.1.b, para los usos Público-Urbano seleccionados.

Tabla 124. Volumen de concesión, extracción y déficit promedio para los usos Público-Urbano, Escenario II.A.1.b.

Uso Público Urbano	Cuenta	Concesión ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Extracción Promedio (%)	Déficit Promedio (%)	Extracción Mínima (%)
Matamoros	BR	48.0	100%	0%	100%
	Sc. II.A.1.b	48.0	100%	0%	100%
Nuevo Laredo	BR	36.1	100%	0%	100%
	Sc. II.A.1.b	36.1	100%	0%	100%
Piedras Negras	BR	36.0	100%	0%	100%
	Sc. II.A.1.b	36.0	100%	0%	100%
Reynosa	BR	67.0	100%	0%	100%
	Sc. II.A.1.b	67.0	100%	0%	100%
Brownsville	BR	85.5	100%	0%	100%
	Sc. II.A.1.b	85.5	100%	0%	100%
Eagle Pass	BR	9.5	100%	0%	100%
	Sc. II.A.1.b	9.5	100%	0%	100%
Laredo	BR	57.0	100%	0%	100%
	Sc. II.A.1.b	57.0	100%	0%	100%
McAllen	BR	0.8	100%	0%	100%
	Sc. II.A.1.b	0.8	100%	0%	100%
WMS 9-13 Municipal	BR	201.5	100%	0%	100%
	Sc. II.A.1.b	201.5	100%	0%	100%

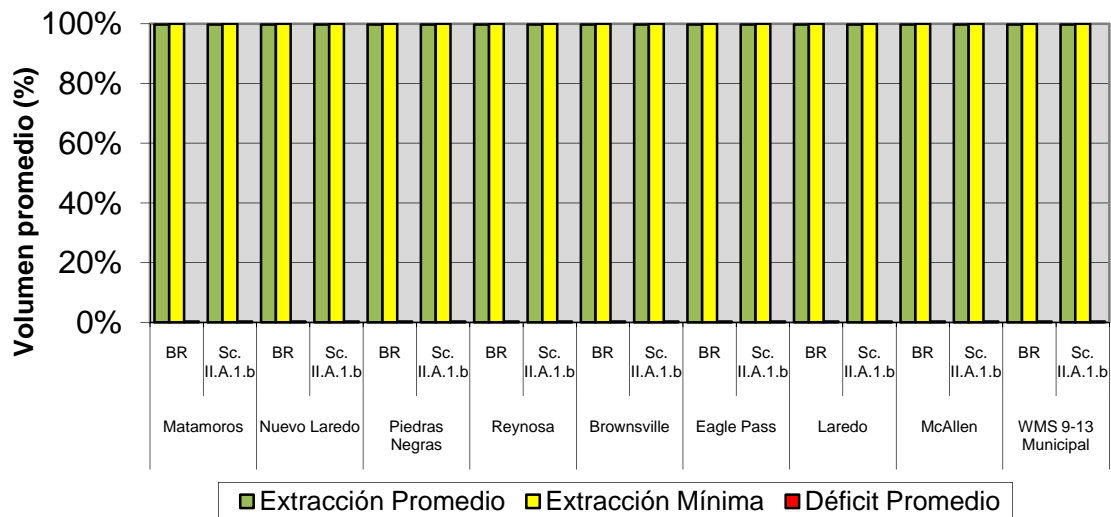


Figura 137. Extracción y déficit promedio para los usos Público -Urbano, Escenario II.A.1.b.

Las medidas de conservación de agua en la cuenca del Río Conchos y su envío anual a las obligaciones del tratado perjudican a los distritos de riego DR-005 Delicias, DR-025 Bajo Río Bravo, WMS 8 Agriculture A y WMS 9-13 Agriculture A, ya que su extracción promedio presento una disminución de 94.3 a 81.2%, de 98 a 97%, de 69 a 68% y de 69 a 68% respectivamente, con respecto al escenario de referencia. Los demás distritos presento no presentaron cambio en su extracción promedio.

Los usos Publico-Urbanos no se vieron afectados por las medidas de conservación del agua en la cuenca del Río Conchos, presentando todos una extracción del 100%.

Estos resultados muestran que el envío anual al Río Bravo/Grande de los volúmenes ahorrados debido a las medidas de conservación, perjudican la disponibilidad de agua, no solo del DR-005 Delicias donde se están ejecutando estas medidas de conservación del agua, pero además perjudica a los distritos de riego DR-025 Bajo Bravo, WMS 8 Agriculture A y WMS 9-13 Agriculture A en los cuales de disminuyo su extracción promedio y mínima; y se incremento su déficit promedio.

Tratado

La Tabla 125 y Figura 138 muestra el volumen medio anual, mínimo y máximo con respecto al volumen medio anual (431.721 hm³/año) destinado al cumplimiento del tratado de 1944 en las cuentas Baseline Run y Scenario II.A.1.a para los Ríos Conchos, San Diego, San Rodrigo, Escondido, Salado y Arroyo Las Vacas.

Tabla 125. Volumen promedio, mínimo, máximo destinado al cumplimiento del tratado de los ríos establecidos en el tratado de 1944, Escenario II.A.1.b.

Esgurrimiento	Escenario	Esgurrimiento				Desviación Estándar (hm³/año)
		Promedio		Mínimo (%)	Máximo (%)	
		(hm³/año)	(%)			
Arroyo Las Vacas	BR	6.4	1%	0%	7%	4.7
	Sc. II.A.1.b	6.4	1%	0%	7%	4.7
Río Conchos	BR	357.4	83%	14%	316%	205.1
	Sc. II.A.1.b	380.2	88%	21%	326%	214.8
Río Escondido	BR	31.0	7%	0%	19%	21.6
	Sc. II.A.1.b	31.0	7%	0%	19%	21.6
Río Salado	BR	s	25%	3%	134%	123.8
	Sc. II.A.1.b	108.2	25%	3%	134%	124.0
Río San Diego	BR	73.1	17%	7%	40%	36.3
	Sc. II.A.1.b	73.1	17%	7%	40%	36.3
Río San Rodrigo	BR	49.6	11%	1%	68%	49.7
	Sc. II.A.1.b	49.6	11%	1%	68%	49.8
Obligaciones del Tratado	BR	625.8	145%	62%	371%	298.2
	Sc. II.A.1.b	648.5	150%	60%	381%	305.0

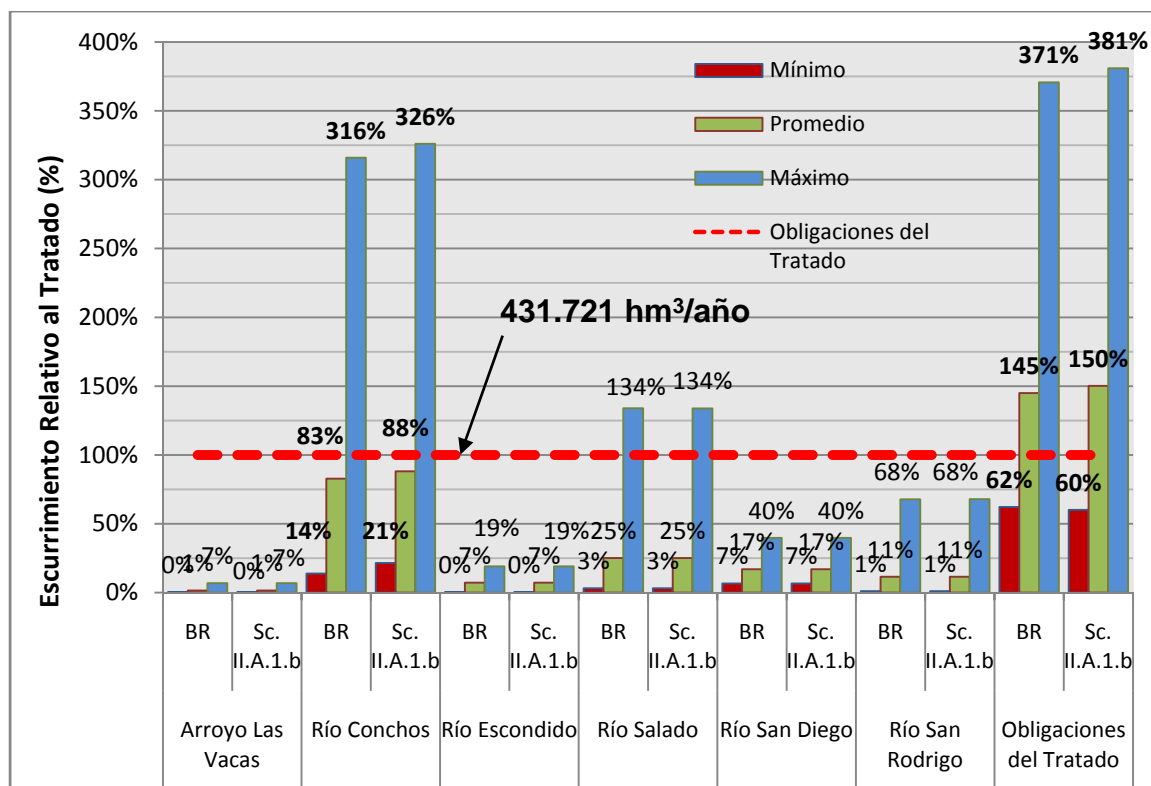


Figura 138. Volumen promedio, mínimo y máximo destinado al cumplimiento del tratado de los ríos establecidos en el tratado de 1944, Escenario II.A.1.b.

De los resultados presentados en la **Tabla 125** y **Figura 138** se puede apreciar que para las obligaciones del tratado, el Río Conchos presentó un incremento en su volumen promedio anual destinado al tratado, pasando del 83 al 88%, con respecto al volumen promedio anual comprometido por concepto del tratado que es de 431.721 hm³/año. De igual forma, el volumen mínimo y máximo se incrementó del 14 a 21% y del 316 a 326%, respectivamente. Los resultados anteriores indican que el envío anual de los volúmenes ahorrados a las obligaciones del tratado incrementan de forma sustancial el cumplimiento de las obligaciones del tratado.

La Tabla 126 muestra un comparativo de los volúmenes de agua entregados por concepto de tratado para el escenario de referencia Baseline Run y el Escenario II.A.1.b. Estos resultados muestran que para el tercer ciclo del tratado (1950-1955), en la cuenta de referencia Baseline Run se presentó un déficit para las obligaciones del tratado de 677.7 hm³, el cual en el Escenario II.A.1.b se disminuyó a 609.7 hm³. En el 12 ciclo (1995-2000) se presentó un déficit para las obligaciones del tratado en la cuenta de referencia Baseline Run de 488.9 hm³, el cual se disminuyó en el Escenario II.A.1.b a 424.6.1 hm³.

Tabla 126. Volumen de agua entregado por concepto de obligaciones del tratado, Escenario II.A.1.b.

Ciclo	Periodo	Duración (Años)	Volumen Comprometido (hm ³)	Baseline Run		Escenario II.A.1.b	
				Entregado	Diferencia	Entregado	Diferencia
				(hm ³)	(hm ³)	(hm ³)	(hm ³)
1	1940-1945	5	2159	2997.4	838.4	3123.5	964.5
2	1945-1950	5	2159	2462.5	303.5	2551.3	392.3
3	1950-1955	5	2159	1481.3	-677.7	1549.3	-609.7
4	1955-1960	5	2159	3322.0	1163.0	3446.9	1287.9
5	1960-1965	5	2159	2449.8	290.8	2492.1	333.1
6	1965-1970	5	2159	3110.1	951.1	3244.4	1085.4
7	1970-1975	5	2159	4253.7	2094.7	4300.1	2141.1
8	1975-1980	5	2159	4251.5	2092.5	4475.3	2316.3
9	1980-1985	5	2159	3403.0	1244.0	3560.9	1401.9
10	1985-1990	5	2159	3965.5	1806.5	4179.0	2020.0
11	1990-1995	5	2159	4167.5	2008.5	4242.0	2083.0
12	1995-2000	5	2159	1670.1	-488.9	1734.4	-424.6

Acuífero Meoqui

La Tabla 127 y Figura 139 muestran un comparativo entre las cuentas Baseline Run y Escenario II.A.1.b del volumen mensual promedio del acuífero Meoqui-Delicias. Todos los porcentajes son calculados con respecto al volumen medio mensual de la cuenta Baseline Run. Al final del periodo de análisis, el almacenamiento del acuífero Meoqui para la cuenta Baseline Run y Escenario II.A.1.b fue de 59.47 hm³ y de 3.42 hm³ respectivamente.

Tabla 127. Almacenamiento medio mensual del acuífero Meoqui, Escenario II.A.1.b.

Mes	Media			
	Baseline Run		Escenario II.A.1.b	
	(hm ³)	(%)	(hm ³)	(%)
Oct	214.1	90%	22.6	9%
Nov	246.1	103%	53.6	22%
Dic	279.3	117%	86.1	36%
Ene	282.6	118%	77.5	32%
Feb	285.6	120%	68.6	29%
Mar	266.9	112%	29.5	12%
Abr	245.6	103%	24.3	10%
May	236.7	99%	21.6	9%
Jun	217.0	91%	20.8	9%
Jul	198.2	83%	19.1	8%
Ago	192.0	80%	17.0	7%
Sep	200.7	84%	15.9	7%
Media	238.7	100%	38.0	16%



Groundwater Storage: Aquifer Moqui Delicias, All months

— Baseline Run
— Scenario IIA.1.b

Million Cubic Meter

Oct 1940 Mar 1941 Aug 1941 Jan 1942 Jun 1942 Oct 1942 Feb 1943 Jun 1943 Oct 1943 Feb 1944 Jun 1944 Oct 1944 Feb 1945 Jun 1945 Oct 1945 Feb 1946 Jun 1946 Oct 1946 Feb 1947 Jun 1947 Oct 1947 Feb 1948 Jun 1948 Oct 1948 Feb 1949 Jun 1949 Oct 1949 Feb 1950 Jun 1950 Oct 1950 Feb 1951 Jun 1951 Oct 1951 Feb 1952 Jun 1952 Oct 1952 Feb 1953 Jun 1953 Oct 1953 Feb 1954 Jun 1954 Oct 1954 Feb 1955 Jun 1955 Oct 1955 Feb 1956 Jun 1956 Oct 1956 Feb 1957 Jun 1957 Oct 1957 Feb 1958 Jun 1958 Oct 1958 Feb 1959 Jun 1959 Oct 1959 Feb 1960 Jun 1960 Oct 1960 Feb 1961 Jun 1961 Oct 1961 Feb 1962 Jun 1962 Oct 1962 Feb 1963 Jun 1963 Oct 1963 Feb 1964 Jun 1964 Oct 1964 Feb 1965 Jun 1965 Oct 1965 Feb 1966 Jun 1966 Oct 1966 Feb 1967 Jun 1967 Oct 1967 Feb 1968 Jun 1968 Oct 1968 Feb 1969 Jun 1969 Oct 1969 Feb 1970 Jun 1970 Oct 1970 Feb 1971 Jun 1971 Oct 1971 Feb 1972 Jun 1972 Oct 1972 Feb 1973 Jun 1973 Oct 1973 Feb 1974 Jun 1974 Oct 1974 Feb 1975 Jun 1975 Oct 1975 Feb 1976 Jun 1976 Oct 1976 Feb 1977 Jun 1977 Oct 1977 Feb 1978 Jun 1978 Oct 1978 Feb 1979 Jun 1979 Oct 1979 Feb 1980 Jun 1980 Oct 1980 Feb 1981 Jun 1981 Oct 1981 Feb 1982 Jun 1982 Oct 1982 Feb 1983 Jun 1983 Oct 1983 Feb 1984 Jun 1984 Oct 1984 Feb 1985 Jun 1985 Oct 1985 Feb 1986 Jun 1986 Oct 1986 Feb 1987 Jun 1987 Oct 1987 Feb 1988 Jun 1988 Oct 1988 Feb 1989 Jun 1989 Oct 1989 Feb 1990 Jun 1990 Oct 1990 Feb 1991 Jun 1991 Oct 1991 Feb 1992 Jun 1992 Oct 1992 Feb 1993 Jun 1993 Oct 1993 Feb 1994 Jun 1994 Oct 1994 Feb 1995 Jun 1995 Oct 1995 Feb 1996 Jun 1996 Oct 1996 Feb 1997 Jun 1997 Oct 1997 Feb 1998 Jun 1998 Oct 1998 Feb 1999 Jun 1999 Oct 1999 Feb 2000 Jun 2000 Oct 2000

[202]

La Figura 140 muestra la dependencia del acuífero Meoqui a los volúmenes de recarga provenientes de la infiltración de agua debido a la conducción en los canales. Estos resultados están basados de acuerdo a los porcentajes de infiltración y evaporación propuestos en el Escenario II.A.1 sección “*Descripción del modelo de simulación previo a la tecnificación y modernización.*” y Escenario II.A.1.a sección “*Simulación de las medidas de conservación de agua mediante el proyecto de tecnificación y modernización del DR-005 establecido en el Acta 309*”. **Es necesaria una investigación a detalle de los porcentajes de evaporación e infiltración propuestos para la validación de estos resultados.**

Criterios de desempeño

La **Tabla 128** y **Figura 141** muestran la confiabilidad para los distritos de riego. La **Tabla 129** y **Figura 142** muestran la confiabilidad para los usos Público-Urbanos

Tabla 128. Confiabilidad para distritos de riego, Escenario II.A.1.b

Distrito de Riego	Concesión (hm ³ /año)	Confiabilidad (%)	
		Baseline Run	Escenario II.A.1.b
DR-005 Delicias	906.1/673.0	76.5	37.8
DR-025 Bajo Rio Bravo	861.0	97.4	96.0
DR-090 Bajo Rio Conchos	85.0	100.0	100.0
WMS 8 Agriculture A	374.3	22.5	21.3
WMS 9-13 Agriculture A	1427.2	22.5	21.3

Tabla 129. Confiabilidad para usos público-urbanos, Escenario II.A.1.b

Uso Público-Urbano	Concesión (hm ³ /año)	Confiabilidad (%)	
		Baseline Run	Escenario II.A.1.b
Matamoros	48.0	100.0	100.0
Nuevo Laredo	36.1	100.0	100.0
Piedras Negras	36.0	100.0	100.0
Reynosa	67.0	100.0	100.0
Brownsville	51.5	100.0	100.0
Eagle Pass	9.5	100.0	100.0
Laredo	52.7	100.0	100.0
McAllen	0.8	100.0	100.0
WMS 9-13 Municipal	201.5	100.0	100.0

Para los distritos de riego que presentaron una confiabilidad menor al 100%, se calcularon los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo para cada una de estas concesiones. Para los usos Publico Urbanos no es posible calcular los índices de resiliencia y vulnerabilidad ya que presentaron una extracción promedio y confiabilidad del 100%.

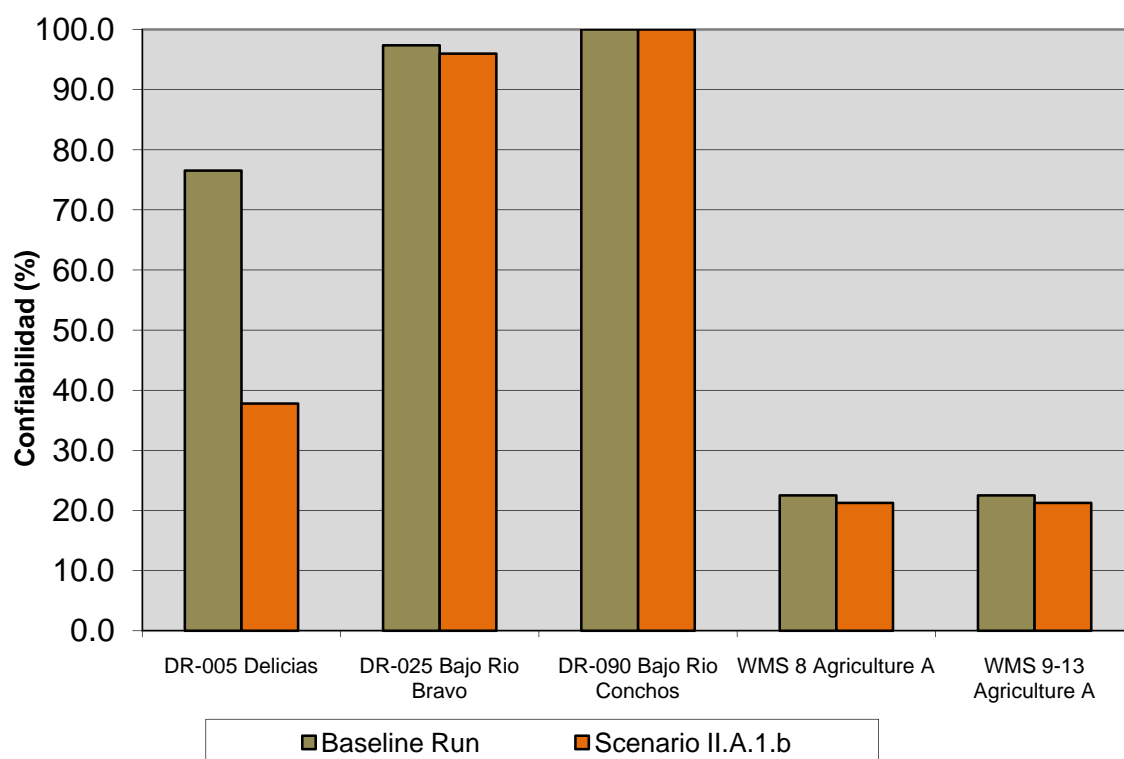


Figura 141. Confiabilidad para distritos de riego, Escenario II.A.1.b

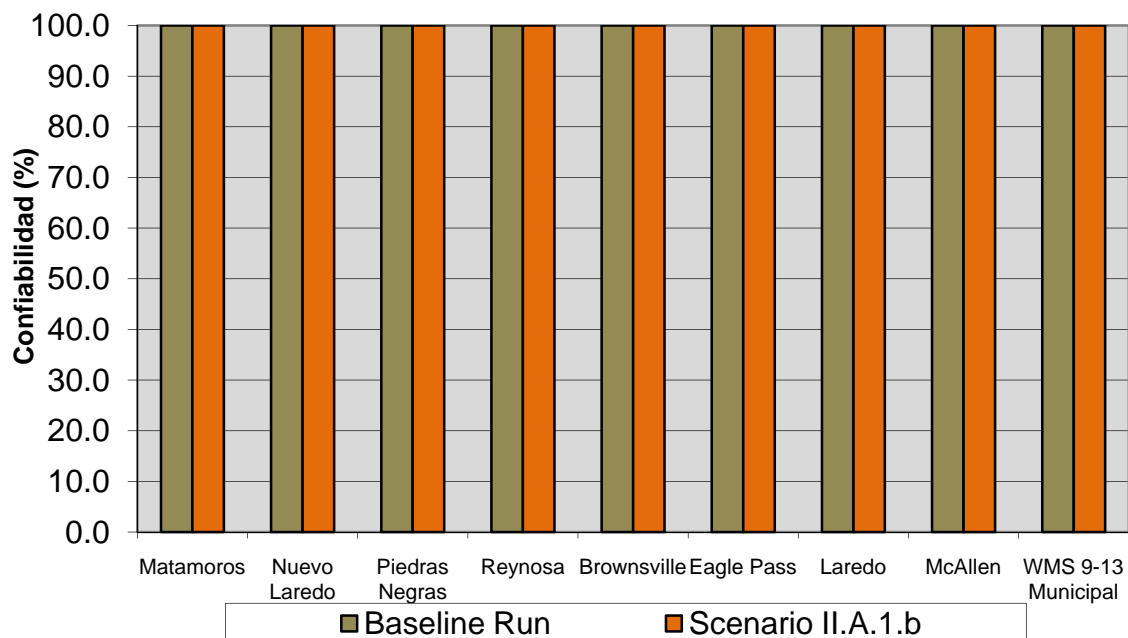


Figura 142. Confiabilidad para usos Público-Urbanos, Escenario II.A.1.b

La Tabla 130 y Figura 143 muestran los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo experimentado para los distritos de riego.

Tabla 130. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y déficit máximo para los distritos de riego que presentaron déficit en su extracción, cuenta Escenario

II.A.1.b.

	DR-005		DR-025		WMS 8 "A"		WMS 9-13 "A"	
	BR	II.A.1.b	BR	II.A.1.b	BR	II.A.1.b	BR	II.A.1.b
Total de periodos	720	720	720	720	720	720	720	720
Periodos con Déficit	169	493	20	29	554	569	554	569
Confiabilidad (%)	77%	32%	97.2%	96.0%	23%	21%	23%	21%
Periodos regresando de un déficit	6	67	5	6	15	13	15	13
Resiliencia (%)	4%	14%	25%	21%	3%	2%	3%	2%
Volumen de déficit (hm ³)	2912.5	6449.1	966.5	1482.4	6866.0	7208.9	26182.9	27490.6
Vulnerabilidad* (%Concesión/mes)	2%	1%	6%	6%	3%	3%	49%	50%
Déficit Máximo* (%Concesión)	7%	3%	14%	14%	10%	10%	10%	10%
Concesión (hm³/año)	906.1	906.1	861.0	861.0	374.3	374.3	1427.2	1427.2

* Porcentajes obtenidos con respecto al volumen de concesión¹.

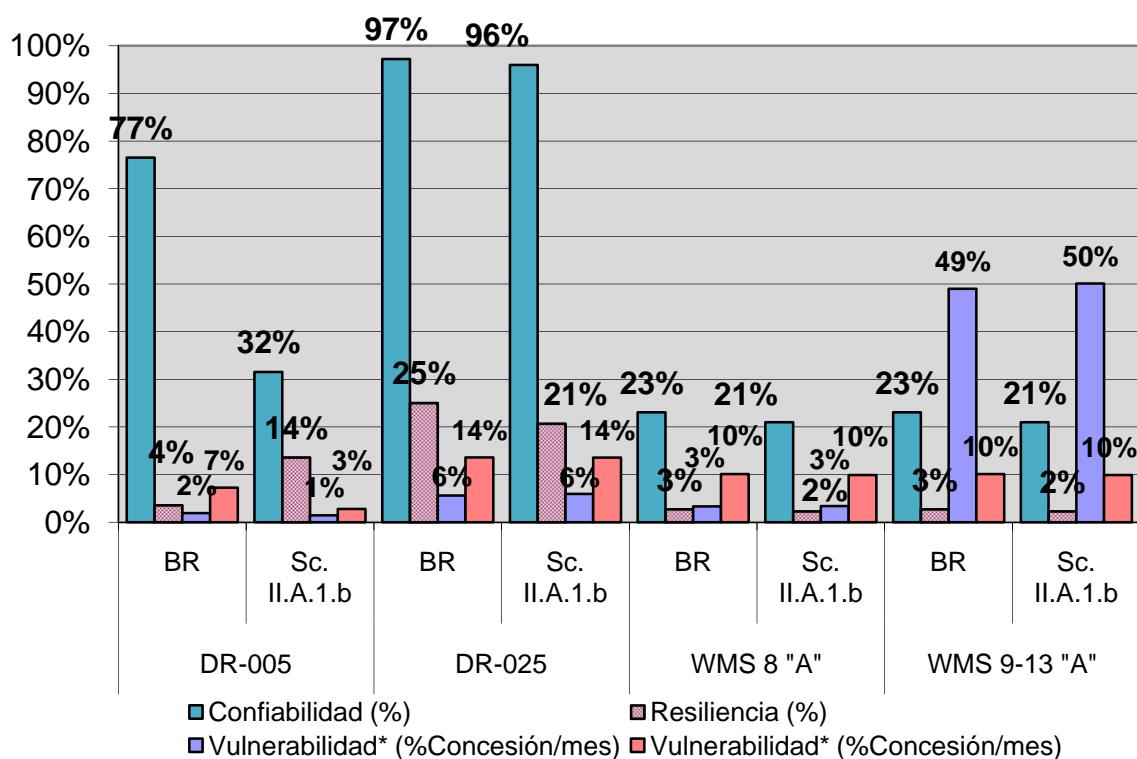


Figura 143. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y Déficit Máximo para los distritos de riego que presentaron déficit en su extracción, cuenta Escenario

II.A.1.b.

De estos resultados se puede observar que todos los distritos de riego que presentaron una disminución en su confiabilidad, principalmente el DR-005 Delicias, en el cual la confiabilidad se redujo del 77 al 32%, debido a que los volúmenes ahorrados por la aplicación de las medidas de conservación del agua, fueron asignados a las obligaciones del tratado. Los distritos de riego DR-025 Bajo Río Bravo, WMS 8 Agriculture “A” y WMS 9-13 Agriculture “A” presentaron una disminución de de 97.2 a 96%, de 23 a 21% y de 23 a 21%, respectivamente.

Presas

La Tabla 131 muestra el Almacenamiento medio mensual, mínimo y máximo para las presas seleccionadas. La Figura 144 muestra estos resultados como porcentaje del NAMO de cada una de las presas.

Tabla 131. Comparativo del Almacenamiento Medio Mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presas La Boquilla, F. Madero, Luís L. León, Amistad y Falcon, cuenta Escenario II.A.1.b.

Presa	Cuenta	NAMO (hm ³)	Media (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Amistad	BR	3887	87%	36%	116%
	Sc. II.A.1.b		89%	44%	116%
F. Madero	BR	348	58%	9%	100%
	Sc. II.A.1.b		65%	13%	100%
Falcon	BR	3273	82%	35%	107%
	Sc. II.A.1.b		84%	42%	107%
La Boquilla	BR	2903	59%	9%	100%
	Sc. II.A.1.b		68%	20%	100%
Luis L. León	BR	356	108%	52%	140%
	Sc. II.A.1.b		110%	60%	140%

Las presas La Boquilla y F. Madero presentaron un incremento en su almacenamiento medio, pasando de 59 a 68% y de 58 a 70%, respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa. Por el contrario, las presas Amistad, Falcon y Luís. L. León sufrieron una disminución marginal en su almacenamiento medio, pasando de 87 a 86%, de 82 a 81% y de 108 a 107%, respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa.

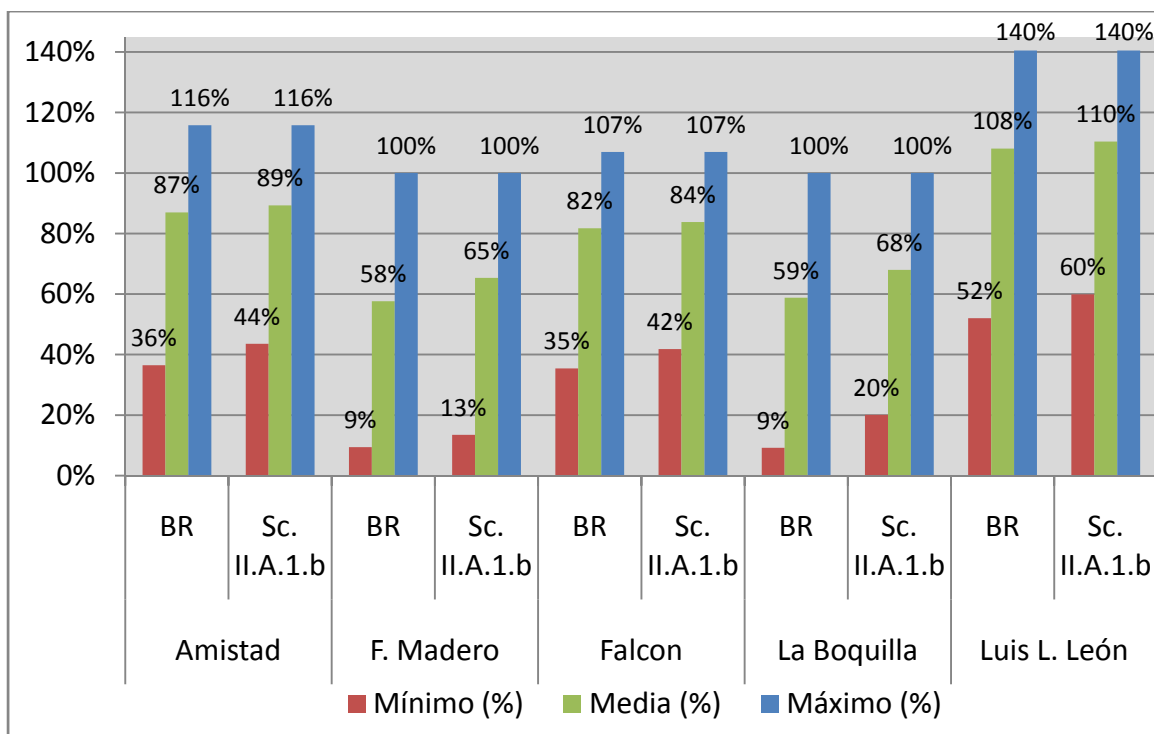


Figura 144. Comparativo del Almacenamiento Medio Mensual y Máximo para la presas La Boquilla, F. Madero, Luís L. León, Amistad y Falcon, Escenario II.A.1.b.

Debido a que las medidas de conservación del agua son enviadas al Río Bravo/Grande, todas las presas presentaron un incremento en su almacenamiento. La **Figura 145** y **Figura 146** muestran el comparativo del almacenamiento entre el escenario de referencia Baseline Run y el Escenario II.A.1.b de las presas La Boquilla y F. Madero. A su vez, también se muestran los ahorros de agua almacenados en cada presa debido a las medidas de conservación de agua propuestas en el Acta 309.

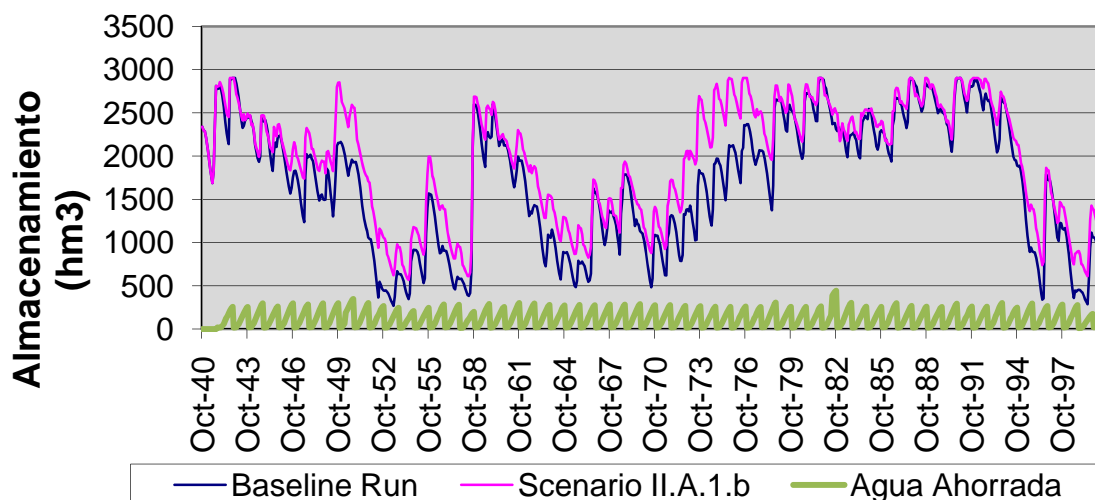


Figura 145. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa La Boquilla, Baseline Run Vs. Escenario II.A.1.b.

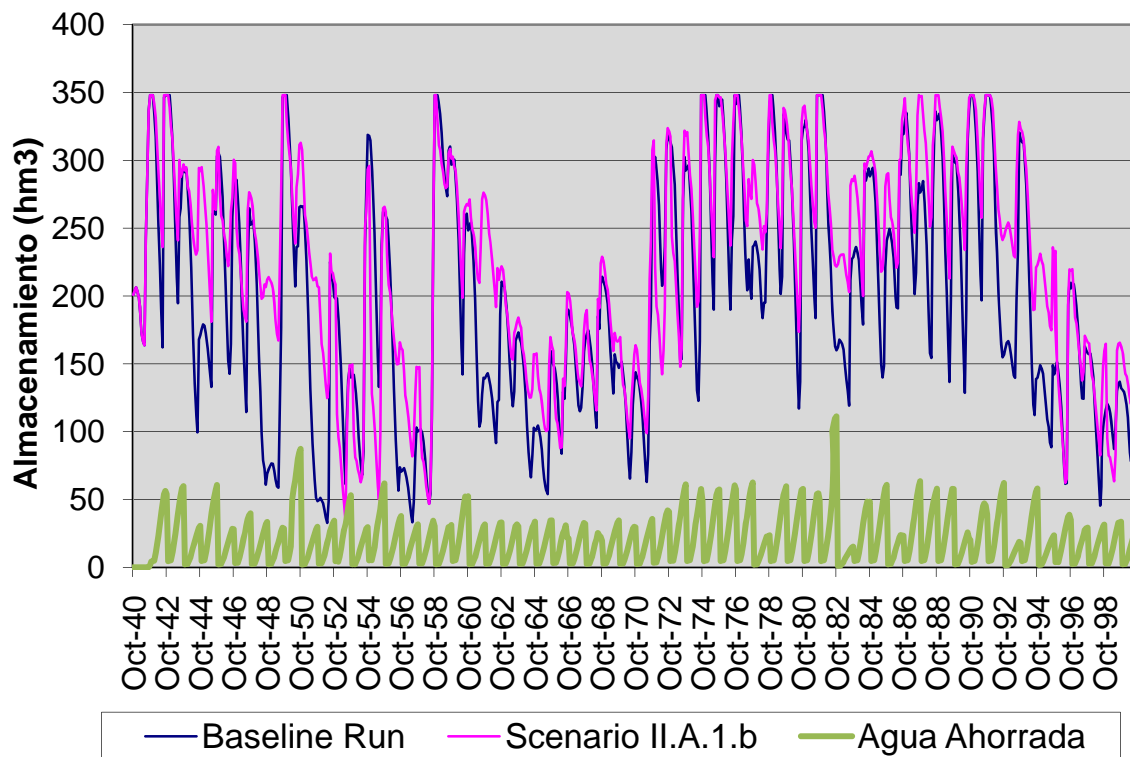


Figura 146. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa F. Madero, Baseline Run Vs. Escenario II.A.1.b.

El almacenamiento en las presas Amistad, Falcon y Luís L. León no presentan cambios significativos en su almacenamiento, como se muestra en la Figura 147, Figura 148 y Figura 149, respectivamente.

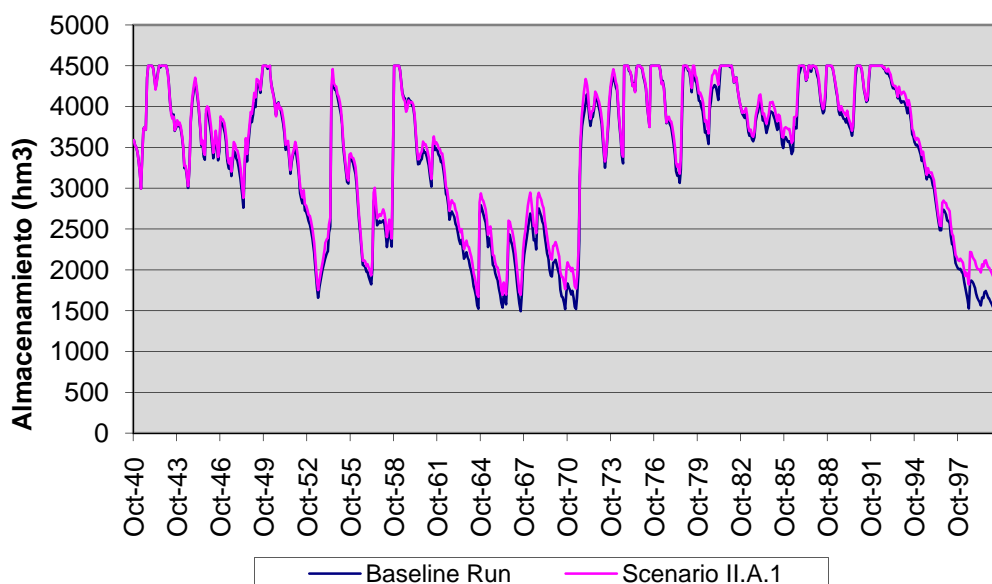


Figura 147. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Amistad, Baseline Run Vs. Escenario II.A.1.b.

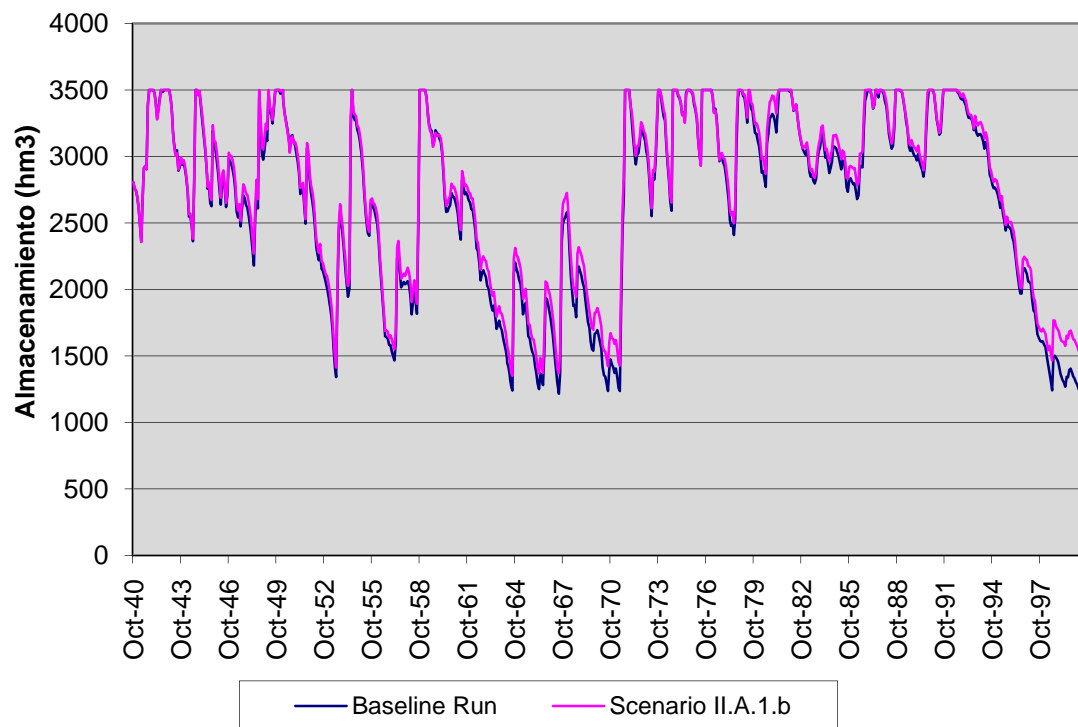


Figura 148. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Falcon, Baseline Run Vs. Escenario II.A.1.b.

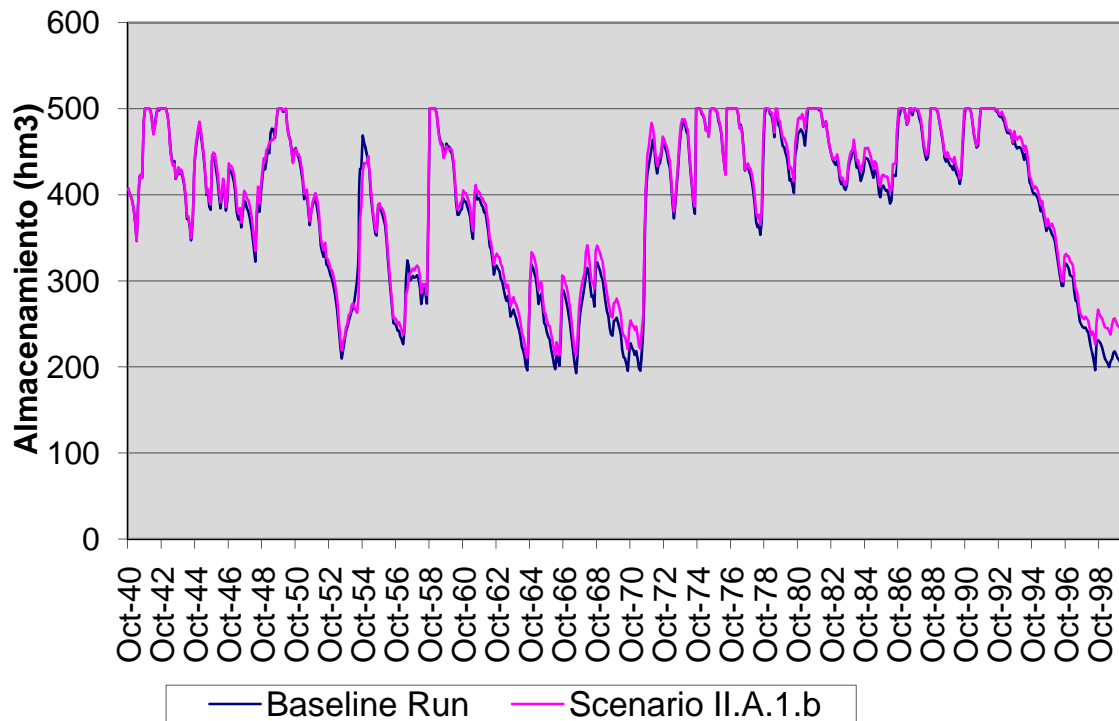


Figura 149. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Luís L. León, Baseline Run Vs. Escenario II.A.1.b.

Evaluación del agua ahorrada debido a las medidas de conservación del agua y su envío al Río Bravo/Grande

La **Figura 150** muestra el almacenamiento propuesto al principio del año hidrológico, el almacenamiento real y el almacenamiento de los ahorros en las presas La Boquilla y F. Madero. El almacenamiento propuesto al principio del año hidrológico está en función del volumen de extracción de las presas La Boquilla y F. Madero el cual a su vez, está en función del almacenamiento disponible en las presas para abastecer al DR-005 Delicias. El volumen inicial propuesto es calculado de acuerdo a lo establecido en el Acta 309. El volumen de ahorro real considera los volúmenes de evaporación perdidos debido al almacenamiento en presas. La Figura 150 también muestra el almacenamiento en las presas La Boquilla y F. Madero de los volúmenes ahorrados.

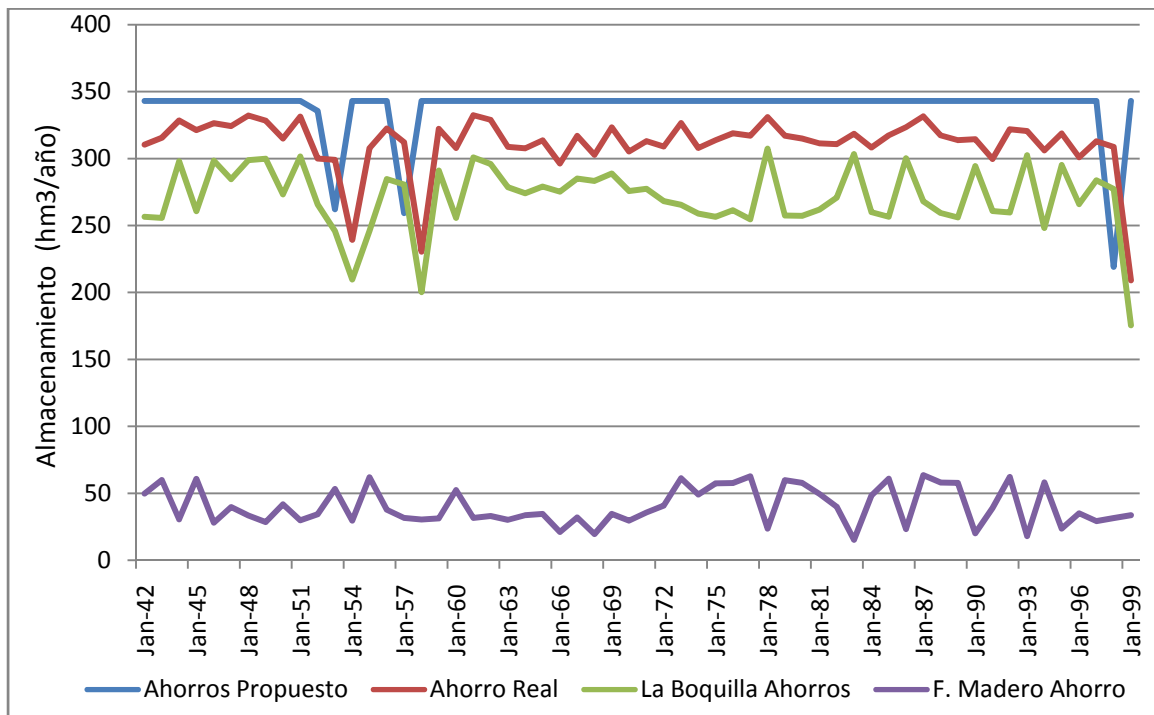


Figura 150. Almacenamiento de los volúmenes ahorrados debido a las medidas de conservación en las presas La Boquilla y F. Madero, Escenario II.A.1.b.

Tabla 132. Volúmenes promedio, mínimo y máximo de ahorros propuesto, real, ahorro en La Boquilla y F. Madero, Escenario II.A.1.b.

	Media		Mínimo (hm3/año)	Máximo (hm3/año)
	(hm3/año)	(%)		
Maximo Volumen Propuesto	343.0	N/A	N/A	N/A
Volumen inicial propuesto	337.7	N/A	219.1	343.0
Volumen Real Ahorrado	311.2	92%	209.1	332.4
Volumen Ahorrado en La Boquilla	271.0	87%	175.5	307.4
Volumen Ahorrado en F. Madero	40.1	13%	15.3	63.5

N/A.- No Aplica

La Tabla 132 muestra el resumen de los volúmenes ahorrados en el Escenario II.A.1.b. **En promedio, el ahorro inicial propuesto al principio del año hidrológico es de 337.7 hm³.** Este valor contrasta con el ahorro máximo propuesto de 343 hm³/año. Además, **el ahorro real promedio es de 311.2 hm³/año.** Realizando una relación entre el volumen inicial propuesto con el volumen real ahorrado nos da un cociente de 0.9213, es decir, **en promedio solo el 92.13% del agua inicial propuesta es ahorrada en la realidad,** debido a las pérdidas por evaporación que se presentan en las presas La Boquilla y F. Madero. Además, en la presa **La Boquilla se almacena en promedio 271.0 hm³/año** del agua ahorrada, volumen que representa el 87.11% del agua real ahorrada por año (311.2 hm³/año). El almacenamiento del agua ahorrada en la presa La Boquilla se presenta en la **Figura 172.** En la presa **Francisco I. Madero se almacena en promedio 40.1 hm³/año,** volumen que representa el 12.89% del agua real ahorrada por año (311.2 hm³/año). El almacenamiento del agua ahorrada en la presa Francisco Madero se presenta en la Figura 172.

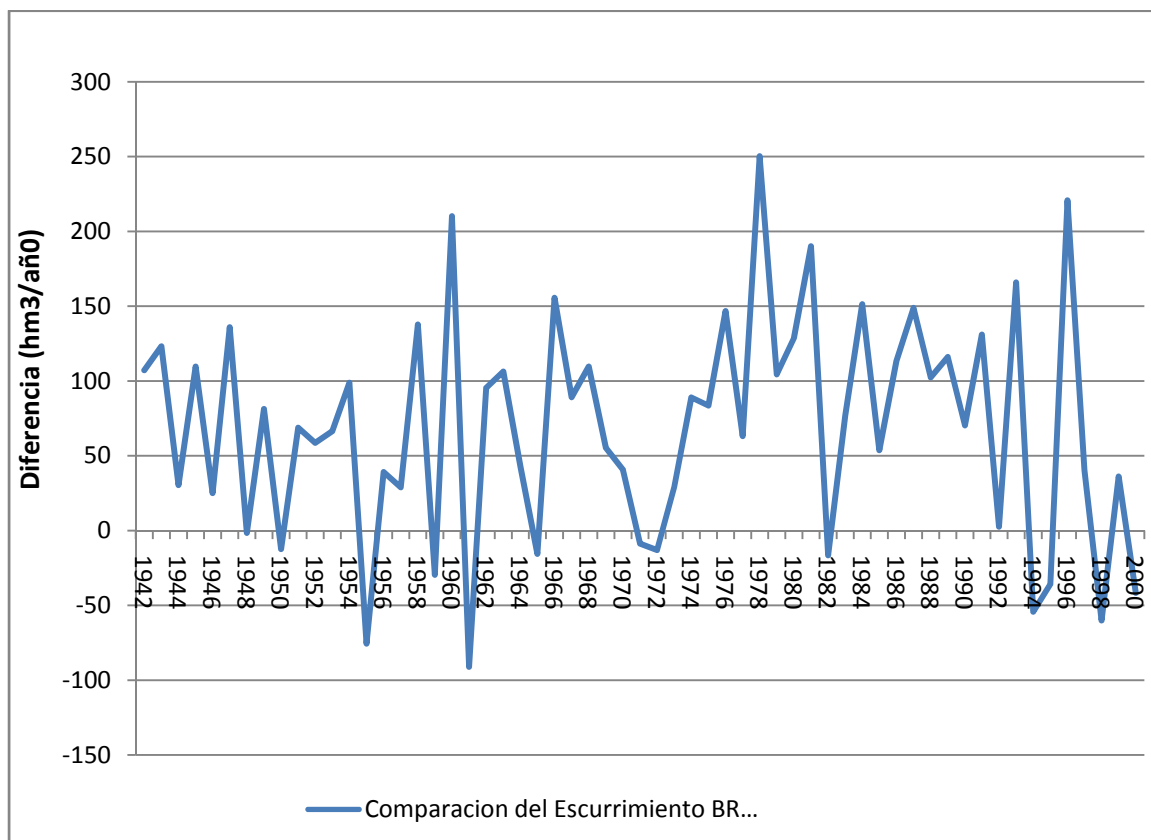


Figura 151. Comparativo del escurrimiento del Río Conchos al Río Bravo/Grande, Baseline Run Vs. Escenario II.A.1.b.

La Figura 151 muestra una comparación del escurrimiento del Río Conchos al Río Bravo entre el escenario de referencia Baseline Run y el Escenario II.A.1.b. Debido al envío del agua a la confluencia del Río Conchos con el Bravo/Grande, se presentó un incremento promedio en el escurrimiento de **69.1 hm/año**, lo cual representa un incremento en las obligaciones del tratado de **23 hm/año**

Conclusiones

En este escenario se evaluó literalmente lo establecido en el Acta 309 de la CILA/IBWC. Por una parte se realizaron las adecuaciones para incrementar la eficiencia global de agua superficial del 33% al 55%. Por otra parte se envió anualmente el agua ahorrada debido a las medidas de conservación en los meses de Diciembre y Enero, como lo establece el Acta 309. En general, las políticas de uso y administración del agua simuladas en este escenario presentan efectos negativos para el abastecimiento del DR-005 y para las obligaciones del tratado.

El DR-005 presento una disminución drástica en su extracción promedio (del 94.3 a 81.2%) y confiabilidad (del 76.5 al 37.8%), debido a que se presento un fuerte abatimiento del almacenamiento del acuífero Meoqui, el cual abastece de agua subterránea al distrito de riego. Si bien es cierto que se presentaron volúmenes de almacenamiento en presas mayores a los observados en la cuenta de referencia Baseline Run, de acuerdo al Acta 309, esta agua debe de ser enviada cada año al Río Bravo/Grande, por lo que no pudo ser aprovechada por el DR-005 Delicias. Por otra parte, debido a que gran parte de las medidas de conservación del agua implican la disminución en las pérdidas por infiltración en canales, así como una mayor eficiencia en la aplicación del agua, el volumen de recarga del acuífero Meoqui se vio seriamente afectado, presentando un total abatimiento del almacenamiento. Prácticamente, el acuífero Meoqui fue completamente vaciado, por lo que se presentaron déficit en el abastecimiento de agua subterránea, los cuales, no pudieron ser cubiertos por el agua ahorrada en las presas, ya que esta agua fue enviada anualmente a las obligaciones del tratado, como lo establece el Acta 309.

De la misma forma que en el Escenario II.A.1.a, los resultados muestran que las medidas de conservación del agua propuestas en el Acta 309 son bastante efectivas para el ahorro de agua superficial en las presas, aunque repercuten de forma sustancial en el almacenamiento de agua subterránea en los acuíferos. Debido a esto se recomienda una política integral de manejo de agua que contemple el uso de superficial y subterránea, para evitar el abatimiento total de los acuíferos y presas, como la combinación de las medidas de conservación de agua y el banco de agua mostrado en el Escenario I.B.4.

Realizando un análisis de los ahorros de agua propuestos en el Acta 309 y los resultados obtenidos por el modelo, se estima que el ahorro inicial propuesto en promedio es del 98% (337.7 hm^3) del máximo volumen de ahorro de agua declarado en el Acta 309 ($343 \text{ hm}^3/\text{año}$). A su vez, **del ahorro inicial promedio (337.7 hm^3) solo el 92% de esta agua es ahorrada y almacenada ($311.2 \text{ hm}^3/\text{año}$) en las presas La Boquilla y F. Madero, debido a que en promedio el 8% se pierde por evaporación en las presas.** El agua ahorrada se distribuye de la siguiente forma: 87% en La Boquilla ($271.0 \text{ hm}^3/\text{año}$) y 13% en F. Madero ($40.1 \text{ hm}^3/\text{año}$). Estos resultados contrastan con los obtenidos en el Escenario II.A.1.a, ya que se presenta un menor volumen de pérdidas por evaporación. Esto se debe a que el agua ahorrada es enviada anualmente a las obligaciones del tratado, por lo que no se almacena por periodos largos de tiempo, lo que repercute en menores pérdidas por evaporación.

Debido al abatimiento del almacenamiento del acuífero Meoqui, el DR-005 Delicias presento un déficit promedio en el abastecimiento de aguas subterráneas del 57.3% (108.2 hm³/año) con respecto al volumen de concesión de agua subterránea (189.0 hm³/año). El déficit promedio de agua superficial es de 3.8% (21.5 hm³/año) con respecto al volumen de concesión de agua superficial (564.9 hm³/año). Debido a que el agua ahorrada en este escenario es enviada a las obligaciones del tratado, ninguno de estos déficits fue cubierto por el agua ahorrada.

Realizando un análisis de las obligaciones del tratado, a pesar que se presento una disminución en los déficits de las obligaciones del tratado, estos déficits no pudieron ser eliminados o reducidos sustancialmente, como sucedió en el Escenario II.C.1 cuando se aplica el banco de agua para el cumplimiento de las obligaciones del tratado. Esto indica que es poco recomendable el envío del agua ahorrada anualmente, ya que a pesar de que se incremento en **23 hm³/año** en promedio las aportaciones a las obligaciones del tratado, este volumen resulto poco significativo en periodos de sequía, cuando el agua adquiere mayor valor.

En conclusión, la modelación del Acta 309 presenta desventajas para el manejo del agua en la cuenca del Río Bravo/Grande. Por una parte, las medidas de conservación del agua perjudican al DR-005 Delicias, ya que se abate completamente el almacenamiento del acuífero Meoqui, por lo es probable que se presenten déficit en el abastecimiento de agua subterránea. Por otra parte, el envío anual del agua a las obligaciones del tratado es de poca trascendencia, disminuyendo marginalmente los déficit en las obligaciones del tratado cuando se presentan

Los resultados de este escenario muestran que es necesaria una política de uso conjunta del agua superficial y del agua subterránea. Una investigación a detalle de las características hidrogeológicas del acuífero Meoqui es necesaria para un modelar con mayor precisión el impacto que tienen las políticas de conservación del agua en el acuífero Meoqui.

Escenario II.B.1 Banqueo de agua subterránea en Tamaulipas

En años húmedos, el DR-025 instituye un programa de re-adquisición temporal de títulos de agua de sus agricultores, utilizando un acuerdo de subasta de manera que se obtenga el agua al precio más bajo posible, de aquellos que deseen vender. Este volumen de depósitos de agua del DR 025 se guarda en un acuífero operado por el DR 005 en Delicias, a cambio de una tarifa. En los años secos, esta agua almacenada se extrae y se entrega de nuevo al DR 025.

Resumen de Resultados

El Escenario II.B.1 del proyecto de escenarios de Manejo del agua para la cuenca del Río Grande/ Bravo, fue elaborado considerando el banqueo de agua y extracción mediante el método *In Lieu* en el distrito de riego DR-005 Delicias (DR-005) a solicitud del DR-025 Bajo Río Bravo. La recarga del banco de agua se realiza en años húmedos, cuando la disponibilidad de agua en las presa La Boquilla y Francisco I. Madero permitan banquear el agua del DR-025 Bajo Río Bravo en el Acuífero Meoqui. La extracción se realiza en épocas de sequía en la región del DR-025 Bajo Río Bravo, cuando se extrae el agua banqueada en al Acuífero Meoqui y se envía al DR-025 Bajo Río Bravo..

El distrito de riego DR-025 Bajo Río Bravo sufrió un incremento en su extracción promedio de 97.8 a 100%. Además, presento un incremento en su confiabilidad de 97.4 a 100%, es decir, no presento déficit en su extracción. Los distritos de riego DR-005 Delicias, WMS 8 Agriculture “A” y WMS 9-13 Agriculture “A” presentaron una disminución en su extracción promedio de 94.3 a 92%, de 69 a 63% y de 69 a 63%, respectivamente. De la misma forma, presentaron un decremento en su confiabilidad de 76.5 a 66.5%, de 23 a 14 y de 23 a 14%, respectivamente. Los usos Público-Urbanos presentaron una confiabilidad y extracción promedio del 100%. Para las obligaciones del tratado de 1944, el Río Conchos presento una disminución en su volumen promedio anual destinado al tratado de 357.4 a 332.6 hm³/año (del 83 al 77% con respecto al volumen promedio anual comprometido por concepto del tratado que es de 431.721 hm³/año). El escurrimiento mínimo no cambio con respecto al escenario de referencia, 14%. A su vez, se presento un decremento en el volumen de escurrimiento máximo de 316 a 305% (porcentajes con respecto al volumen promedio anual comprometido por concepto del tratado que es de 431.721 hm³/año). Las presas La Boquilla y Francisco I. Madero presentaron una disminución en su almacenamiento medio mensual de 59 a 50% y de 58 a 54% respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa. Las presas Luís L. León Amistad y Falcon presentaron un Incremento en su almacenamiento medio mensual de 87 a 95%, de 82 a 89%, de 108 a 117%, respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa. El acuífero Meoqui presento un incremento en el almacenamiento de 736% con respecto a la cuenta Baseline Run. Al final del periodo de análisis, el almacenamiento del acuífero Meoqui para la cuenta Scenariio II.B.1 (3811.1 hm³) fue mayor que en el escenario de referencia Baseline Run (59.4 hm³), lo que representa un balance positivo del agua disponible del Escenario II.B.1 con respecto al escenario de referencia Baseline Run. La cantidad de agua depositada en el banco de agua a lo largo del periodo de

análisis fue de 6802 hm³, cantidad que representa un banqueo de agua durante 40 años y un deposito promedio de 189 hm³/año; la cantidad de agua extraída de la cuenta del banco por el DR-025 Bajo Río Bravo fue de 3779 hm³, a lo largo de 20 años, con una extracción promedio de 189 hm³/año; por lo que se presento un **saldo positivo de agua en el banco de 3779 hm³**.

Introducción

El escenario I.B.1 puede ser analizado en dos etapas. En la primer etapa, bajo condiciones húmedas, la CNA reduce la concesión del DR-025 Bajo Río Bravo a través de la re-adquisición temporal de títulos de agua asignados a este distrito de riego; banqueando esta agua en el acuífero Meoqui. En la segunda etapa, bajo condiciones de sequía, el agua es extraída del acuífero Meoqui y en enviada al DR-025 Bajo Río Bravo.

En la primer parte de este reporte se presentan las hipótesis y aseveraciones consideradas para el Escenario I.B.1, con el objetivo de explicar el proceso de simulación. Además, un análisis de la concesión anual de agua del DR-025 Bajo Río Bravo es hecha para determinar el porcentaje de agua re-adquirida temporalmente por la CNA y consecuentemente, este análisis determinara el agua que será banqueada en el acuífero Meoqui.

En la segunda parte de este reporte se presentan los resultados del escenario, evaluando su eficiencia.

Distrito de Riego DR-025 Bajo Río Bravo

La concesión anual de agua establecida para el Distrito de riego DR-025 Bajo Río Bravo es de 861 hm³/año. Este volumen de agua es extraído de la presa Falcon y después es derivado por la presa derivadora Anzalduas hacia el distrito de riego. La cantidad especificada en la concesión no incluye las perdidas por conducción en el envío. De acuerdo a la CNA y a Collado (2002)⁸, el volumen de concesión es de 860.522 hm³/año. La diferencia entre estos dos valores consultados es despreciable (0.478 hm³/año).

Re-adquisición temporal de derechos de agua en el DR-025 Bajo Río Bravo

Para determinar el volumen de re-adquisición de agua en el DR-025 Bajo Río Bravo, se considero la cantidad máxima de agua que se puede banquear en el DR-005 Delicias. El agua re-adquirida por el DR-025 Bajo Río Bravo no puede exceder 188.959 hm³/año, ya que es la concesión de agua subterránea para el DR-005 Delicias y por consecuencia, la cantidad máxima que puede ser banqueada por año. Esta cantidad será considerada para efectos de este escenario.

Resultados

Concesiones

La Tabla 133 y la Figura 152 muestran el volumen de concesión, la extracción y déficit promedio, así como la extracción mínima en las cuentas Baseline Run y Scenariio II.B.1, para los distritos de riego seleccionados. Para el DR-025 Bajo Río Bravo, la Tabla 134 y Figura 153 muestran con mayor detalle la extracción solicitada y entregada por periodo.

Tabla 133. Volumen de concesión, extracción y déficit promedio para los distritos de riego, Escenario II.B.1.

Distrito de Riego	Cuenta	Concesión (hm ³ /año)	Extracción Promedio (%)	Déficit Promedio (%)	Extracción Mínima (%)
DR 005 Delicias	BR	906.1	94.3%	5.7%	45%
	Sc. II.B.1	906.1	92%	8%	45%
DR 025 Bajo Río Bravo	BR	861.0	97.8%	2%	61%
	Sc. II.B.1	861 / 672	100.0%	0%	0%
DR 090 Bajo Río Conchos	BR	85.0	100.0%	0%	100%
	Sc. II.B.1	85.0	100.0%	0%	100%
WMS 8 Agriculture A	BR	374.3	69.0%	31%	25%
	Sc. II.B.1	374.3	62.9%	37%	22%
WMS 9-13 Agriculture A	BR	1427.2	69.0%	31%	25%
	Sc. II.B.1	1427.2	62.9%	37%	22%

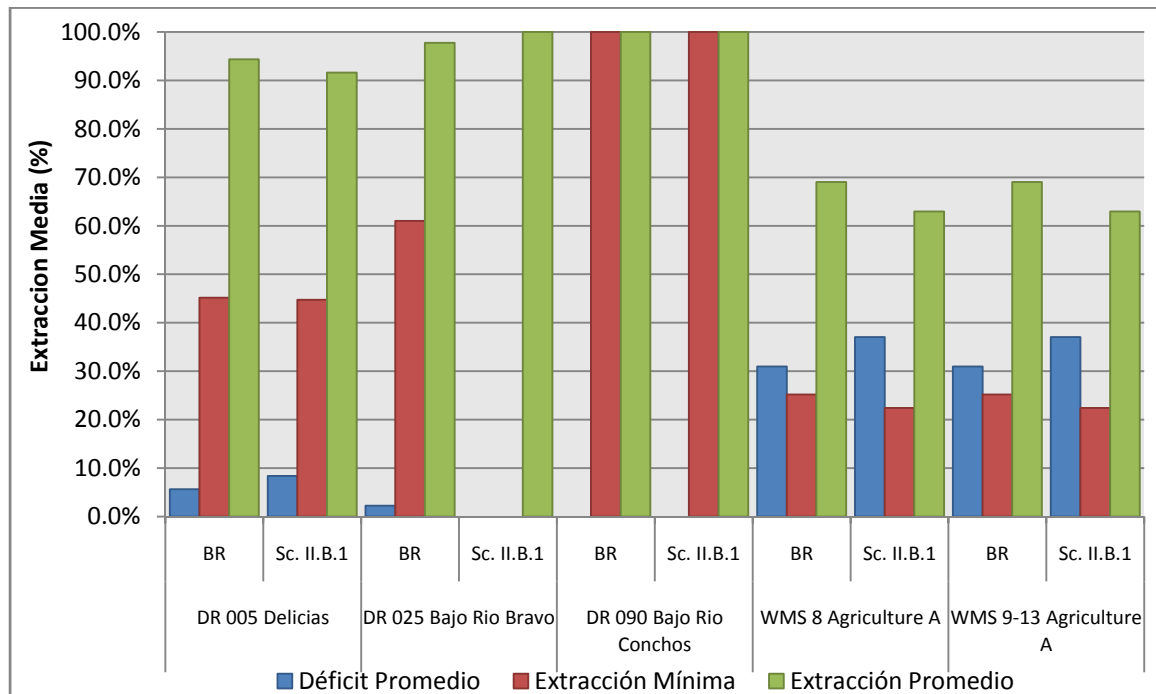


Figura 152. Volumen de concesión, Extracción y déficit promedio para los distritos de riego, Escenario II.B.1.

Tabla 134. Concesión de anual y extracción para el DR-025 Bajo Río Bravo, Escenario II.B.1.

Año	Concesión (hm ³ /año)	Extracción (hm ³ /año)	Año	Concesión (hm ³ /año)	Extracción (hm ³ /año)	Año	Concesión (hm ³ /año)	Extracción (hm ³ /año)
1941	861.0	861.0	1961	672.0	672.0	1981	672.0	672.0
1942	672.0	672.0	1962	672.0	672.0	1982	672.0	672.0
1943	672.0	672.0	1963	861.0	861.0	1983	672.0	672.0
1944	672.0	672.0	1964	861.0	740.2	1984	672.0	672.0
1945	672.0	672.0	1965	861.0	861.0	1985	672.0	672.0
1946	672.0	672.0	1966	861.0	343.3	1986	672.0	672.0
1947	672.0	672.0	1967	672.0	542.2	1987	672.0	672.0
1948	672.0	672.0	1968	672.0	672.0	1988	672.0	672.0
1949	861.0	861.0	1969	672.0	672.0	1989	672.0	672.0
1950	672.0	672.0	1970	672.0	670.2	1990	672.0	672.0
1951	861.0	861.0	1971	861.0	550.4	1991	672.0	672.0
1952	861.0	861.0	1972	861.0	861.0	1992	672.0	672.0
1953	861.0	861.0	1973	672.0	672.0	1993	672.0	672.0
1954	861.0	861.0	1974	672.0	672.0	1994	672.0	672.0
1955	861.0	861.0	1975	672.0	672.0	1995	672.0	672.0
1956	861.0	861.0	1976	672.0	672.0	1996	861.0	861.0
1957	861.0	861.0	1977	672.0	672.0	1997	672.0	672.0
1958	861.0	861.0	1978	861.0	861.0	1998	861.0	861.0
1959	672.0	672.0	1979	672.0	672.0	1999	861.0	708.6
1960	672.0	672.0	1980	672.0	672.0	2000	861.0	409.0

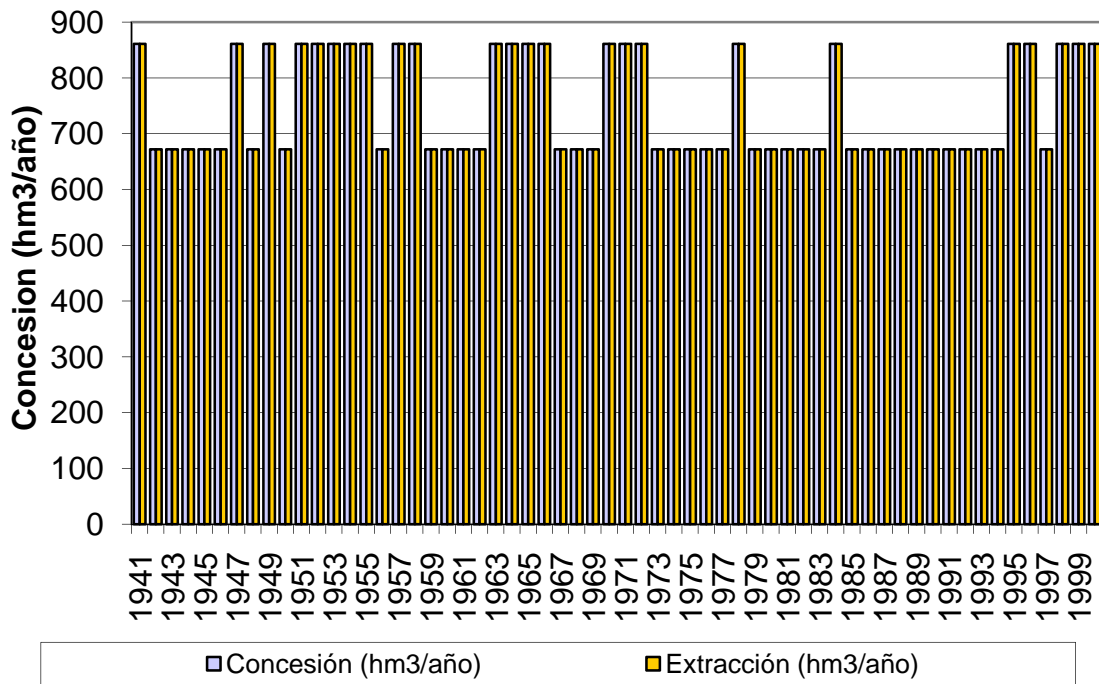


Figura 153. Concesión y extracción para el DR-025 Bajo Río Bravo, Escenario II.B.1.

La Tabla 135 muestra el volumen de concesión, la extracción y déficit promedio, así como la extracción mínima en las cuentas Baseline Run y Scenario II.B.1, para los usos Público-Urbanos seleccionados. La Figura 154 muestra la grafica de estas concesiones de uso público urbano.

Tabla 135. Volumen de concesión, extracción y déficit promedio para los usos Público-Urbano, Escenario II.B.1.

Uso Público Urbano	Cuenta	Concesión (hm ³ /año)	Extracción Promedio (%)	Déficit Promedio (%)	Extracción Mínima (%)
Matamoros	BR	48.0	100%	0%	100%
	Sc. II.B.1	48.0	100%	0%	100%
Nuevo Laredo	BR	36.1	100%	0%	100%
	Sc. II.B.1	36.1	100%	0%	100%
Piedras Negras	BR	36.0	100%	0%	100%
	Sc. II.B.1	36.0	100%	0%	100%
Reynosa	BR	67.0	100%	0%	100%
	Sc. II.B.1	67.0	100%	0%	100%
Brownsville	BR	85.5	100%	0%	100%
	Sc. II.B.1	85.5	100%	0%	100%
Eagle Pass	BR	9.5	100%	0%	100%
	Sc. II.B.1	9.5	100%	0%	100%
Laredo	BR	57.0	100%	0%	100%
	Sc. II.B.1	57.0	100%	0%	100%
McAllen	BR	0.8	100%	0%	100%
	Sc. II.B.1	0.8	100%	0%	100%
WMS 9-13 Municipal	BR	201.5	100%	0%	100%
	Sc. II.B.1	201.5	100%	0%	100%

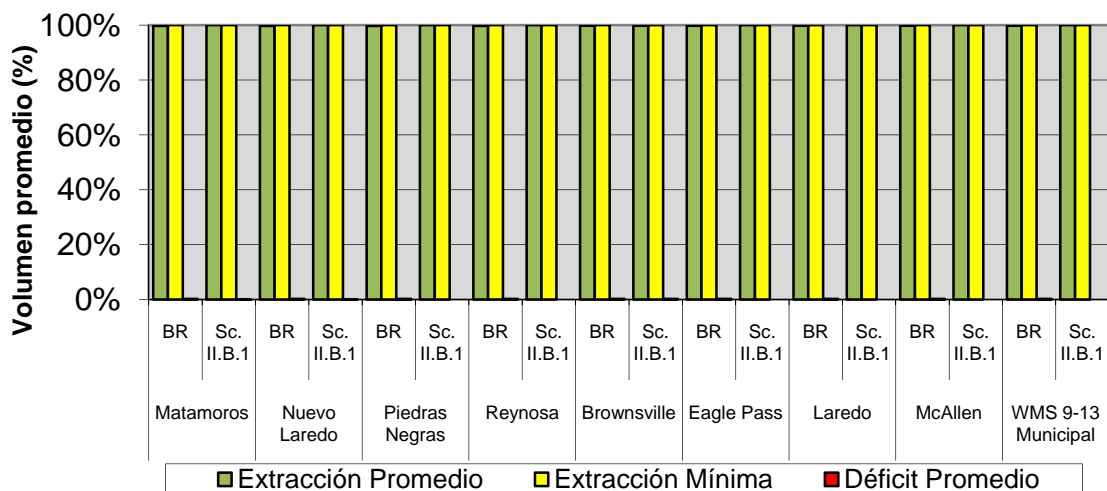


Figura 154. Volumen de concesión, extracción y déficit promedio para los usos Público -Urbano, Escenario II.B.1.

Los distritos de riego beneficiados por la re-adquisición temporal de de concesiones en es el distrito de riego que las está proponiendo, el DR-025 Bajo Río Bravo, ya que se incremento su extracción promedio de 97.8 a 100%, con respecto a su volumen de concesión, es decir, para el Escenario II.B.1 no presento déficit en su volumen de extracción. En contraposición, debido al banqueo de agua en el DR-005 Delicias, los distritos de riego DR-005 Delicias, WMS 8 Agriculture “A” y WMS 9-13 Agriculture “A” presentaron una reducción en su extracción media de 94.3 a 92%, de 69 a 62.9%, de 69 a 62.9% respectivamente. De estos resultados se puede concluir que debido al re-adquisición temporal de agua en el DR-025 y el respectivo banqueo de estos volúmenes en el Acuífero Meoqui, la extracción promedio del DR-025 Bajo Río Bravo sufrió un incremento sustantivo, no presentando déficit en su volumen de extracción.

Los usos Público-Urbanos no presentaron ningún cambio, presentando todos el 100% de abastecimiento.

Tratado

La Tabla 136 y Figura 155 muestra el volumen medio anual, mínimo y máximo con respecto al volumen medio anual (431.721 hm³/año) destinado al cumplimiento del tratado de 1944 en las cuentas Baseline Run y Scenario II.B.1 para los Ríos Conchos, San Diego, San Rodrigo, Escondido, Salado y Arroyo Las Vacas.

Tabla 136. Volumen promedio, mínimo, máximo destinado al cumplimiento del tratado de los ríos establecidos en el tratado de 1944, Escenario II.B.1.

Esgurrimiento	Escenario	Esgurrimiento				Desviación Estándar (hm³/año)
		Promedio		Mínimo (%)	Máximo (%)	
		(hm³/año)	(%)			
Arroyo Las Vacas	BR	6.4	1%	0%	7%	4.7
	Sc. II.B.1	6.4	1%	0%	7%	4.7
Río Conchos	BR	357.4	83%	14%	316%	205.1
	Sc. II.B.1	332.6	77%	14%	305%	191.7
Río Escondido	BR	31.0	7%	0%	19%	21.6
	Sc. II.B.1	31.0	7%	0%	19%	21.6
Río Salado	BR	108.3	25%	3%	134%	123.8
	Sc. II.B.1	108.3	25%	3%	134%	123.7
Río San Diego	BR	73.1	17%	7%	40%	36.3
	Sc. II.B.1	73.3	17%	7%	40%	36.2
Río San Rodrigo	BR	49.6	11%	1%	68%	49.7
	Sc. II.B.1	49.6	11%	1%	68%	49.8
Obligaciones del Tratado	BR	625.8	145%	62%	371%	298.2
	Sc. II.B.1	601.2	139%	61%	359%	290.4

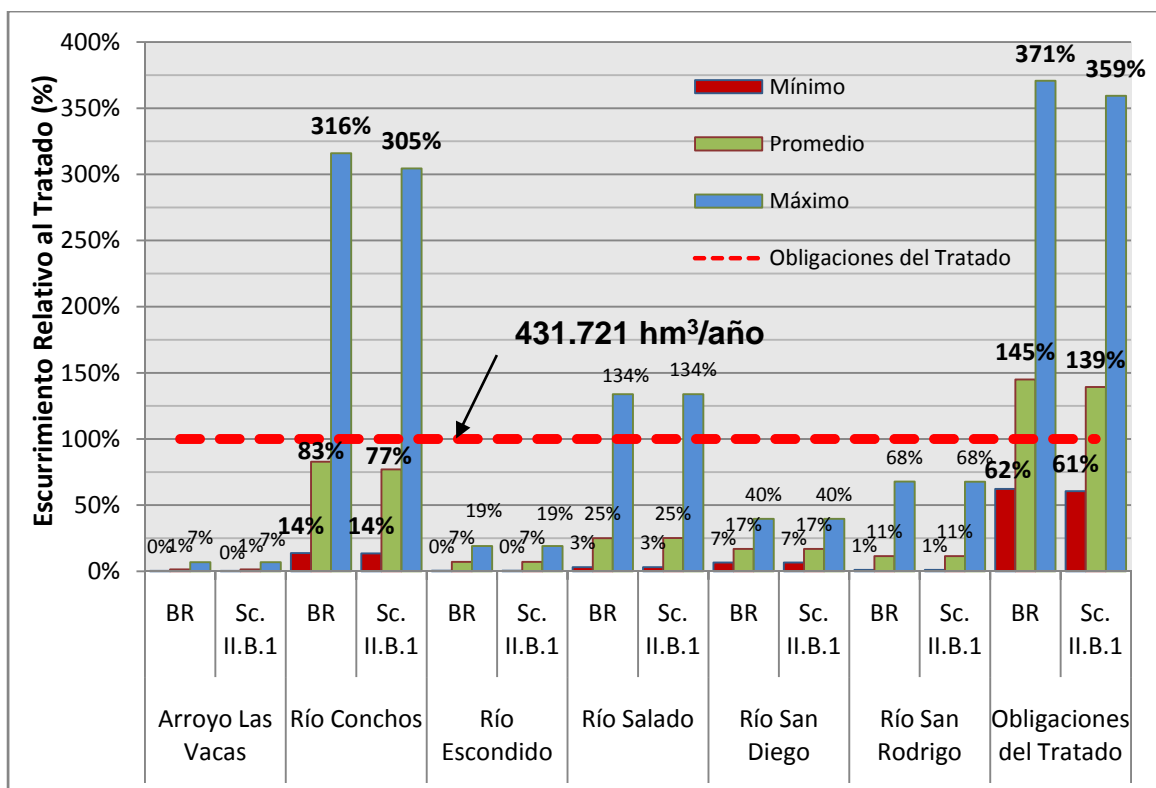


Figura 155. Volumen promedio, mínimo y máximo destinado al cumplimiento del tratado de los ríos establecidos en el tratado de 1944, Escenario II.B.1.

De los resultados presentados se puede apreciar que para las obligaciones del tratado, el Río Conchos fue el único que presentó una reducción en su volumen promedio anual destinado al tratado del 83 al 77%, con respecto al volumen promedio anual comprometido por concepto del tratado que es de 431.721 hm³/año.

La Tabla 137 muestra un comparativo de los volúmenes de agua entregados por concepto de tratado para el escenario de referencia Baseline Run y el Escenario II.B.1. Estos resultados muestran que para el tercer ciclo del tratado (1950-1955), en la cuenta de referencia Baseline Run se presentó un déficit para las obligaciones del tratado de 677.7 hm³, el cual en el Escenario II.B.1 se aumentó a 716.3 hm³. En el 12 ciclo (1995-2000) se presentó un déficit para las obligaciones del tratado en la cuenta de referencia Baseline Run de 488.9 hm³, el cual se aumentó en el Escenario II.B.1 a 542.5 hm³.

Tabla 137. Volumen de agua entregado por concepto de obligaciones del tratado, Escenario II.B.1.

Ciclo	Periodo	Duración (Años)	Volumen Comprometido (hm ³)	Baseline Run		Escenario II.B.1	
				Entregado	Diferencia	Entregado	Diferencia
				(hm ³)	(hm ³)	(hm ³)	(hm ³)
1	1940-1945	5	2159	2997.4	838.4	2820.7	661.7
2	1945-1950	5	2159	2462.5	303.5	2451.3	292.3
3	1950-1955	5	2159	1481.3	-677.7	1442.7	-716.3
4	1955-1960	5	2159	3322.0	1163.0	3157.6	998.6
5	1960-1965	5	2159	2449.8	290.8	2401.6	242.6
6	1965-1970	5	2159	3110.1	951.1	2938.8	779.8
7	1970-1975	5	2159	4253.7	2094.7	4222.4	2063.4
8	1975-1980	5	2159	4251.5	2092.5	4135.4	1976.4
9	1980-1985	5	2159	3403.0	1244.0	3162.8	1003.8
10	1985-1990	5	2159	3965.5	1806.5	3648.7	1489.7
11	1990-1995	5	2159	4167.5	2008.5	4065.5	1906.5
12	1995-2000	5	2159	1670.1	-488.9	1616.5	-542.5

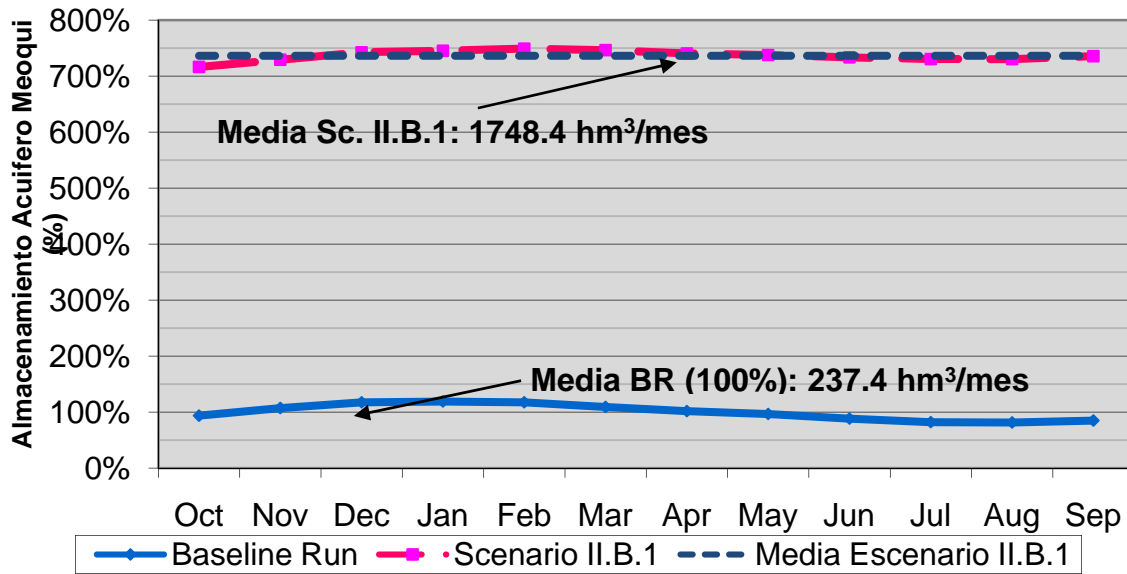
Acuífero Meoqui

La Tabla 138 y Figura 156 muestran un comparativo entre las cuentas Baseline Run y Scenarior II.B.1 del volumen mensual promedio del acuífero Meoqui-Delicias. Todos los porcentajes son calculados con respecto al volumen medio mensual de la cuenta Baseline Run. Al final del periodo de análisis, el almacenamiento del acuífero Meoqui para la cuenta Baseline Run y Scenarior II.B.1 fue de 59.4 hm³ y de 3811.1 hm³ respectivamente.

Tabla 138. Almacenamiento medio mensual del acuífero Meoqui, Escenario II.B.1.

Mes	Media			
	Baseline Run		Scenarior II.B.1	
	(hm ³)	(%)	(hm ³)	(%)
Oct	222.5	94%	1700.8	716%
Nov	254.9	107%	1731.3	729%
Dic	279.1	118%	1762.7	743%
Ene	282.4	119%	1769.5	745%
Feb	279.0	118%	1778.4	749%
Mar	259.4	109%	1771.9	746%
Abr	241.8	102%	1758.1	741%
May	229.5	97%	1751.5	738%
Jun	209.9	88%	1741.5	734%
Jul	195.1	82%	1734.3	731%
Ago	193.6	82%	1733.9	730%
Sep	201.8	85%	1746.4	736%
Media	237.4	100%	1748.4	736%

Figura 156. Almacenamiento mensual medio del acuífero Meoqui, Escenario II.B.1.



La Figura 157 muestra el almacenamiento registrado para las cuentas Baseline Run y Escenario II.B.1 del acuífero Meoqui. Como se puede apreciar, debido al uso del banco de agua existen épocas las cuales el almacenamiento del Escenario I.B es mayor o menor que en la cuenta Baseline Run. Básicamente, existen periodos húmedos donde el almacenamiento disponible en las presas es mayor que el volumen de extracción tal que permite utilizar el agua superficial, dejando de utilizar el agua subterránea y existen periodos secos donde se utiliza en mayor cantidad el agua subterránea. La pendiente del almacenamiento del acuífero Meoqui es positiva cuando el almacenamiento disponible en las presas es mayor que el volumen de extracción del DR-005 Delicias; la pendiente es negativa cuando el almacenamiento disponible de la presas es menor que el volumen de extracción.

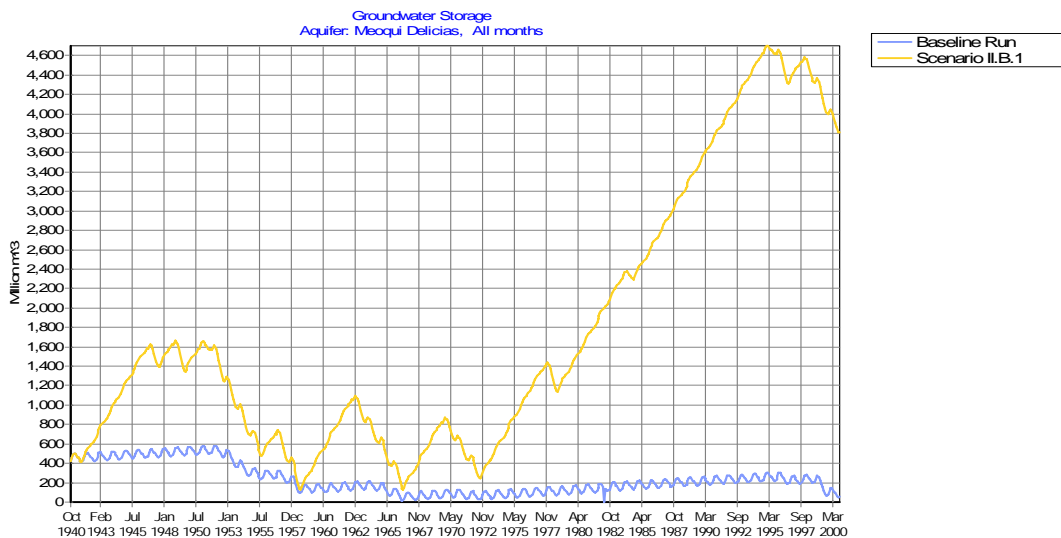


Figura 157. Comparativo del almacenamiento del Acuífero Meoqui, Escenario II.B.1.

La cantidad de agua depositada en el banco de agua a lo largo del periodo de análisis fue de 6802.5 hm³, cantidad que representa un banqueo de agua durante 40 años; la cantidad de agua extraída de la cuenta del banco por el DR-005 Delicias fue de 3779.2 hm³, a lo largo de 20 años, por lo que se presentó un saldo positivo de 3779.2 hm³ (Tabla 139).

Tabla 139. Agua Banqueada, y extraída del Banco, Escenario II.B.1.

	Volumen (hm ³)	Periodo (años)
Agua Banqueada	7558.4	40.0
Agua Extraída del Banco	3779.2	20.0
Deficit/Superavit	3779.2	

Criterios de desempeño

La Tabla 140 y Figura 158 muestran la confiabilidad para los distritos de riego. La Tabla 141 y Figura 159 muestran la confiabilidad para los usos Público-Urbanos

Tabla 140. Confiabilidad para distritos de riego, Escenario II.B.1.

Distrito de Riego	Concesión (hm ³ /año)	Confiabilidad (%)	
		Baseline Run	Escenario II.B.1
DR-005 Delicias	906.1	76.5	66.5
DR-025 Bajo Rio Bravo	861/672	97.4	100.0
DR-090 Bajo Rio Conchos	85.0	100.0	100.0
WMS 8 Agriculture A	374.3	22.5	13.8
WMS 9-13 Agriculture A	1427.2	22.5	13.8

Tabla 141. Confiabilidad para usos público-urbanos, Escenario II.B.1.

Uso Público-Urbano	Concesión (hm ³ /año)	Confiabilidad (%)	
		Baseline Run	Escenario II.B.1
Matamoros	48.0	100.0	100.0
Nuevo Laredo	36.1	100.0	100.0
Piedras Negras	36.0	100.0	100.0
Reynosa	67.0	100.0	100.0
Brownsville	51.5	100.0	100.0
Eagle Pass	9.5	100.0	100.0
Laredo	52.7	100.0	100.0
McAllen	0.8	100.0	100.0
WMS 9-13 Municipal	201.5	100.0	100.0

Para los distritos de riego que presentaron una confiabilidad menor al 100%, se calcularon los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo para cada una de estas concesiones. Para los usos Público Urbanos no es posible calcular los índices de resiliencia y vulnerabilidad ya que presentaron una extracción promedio y confiabilidad del 100 %.

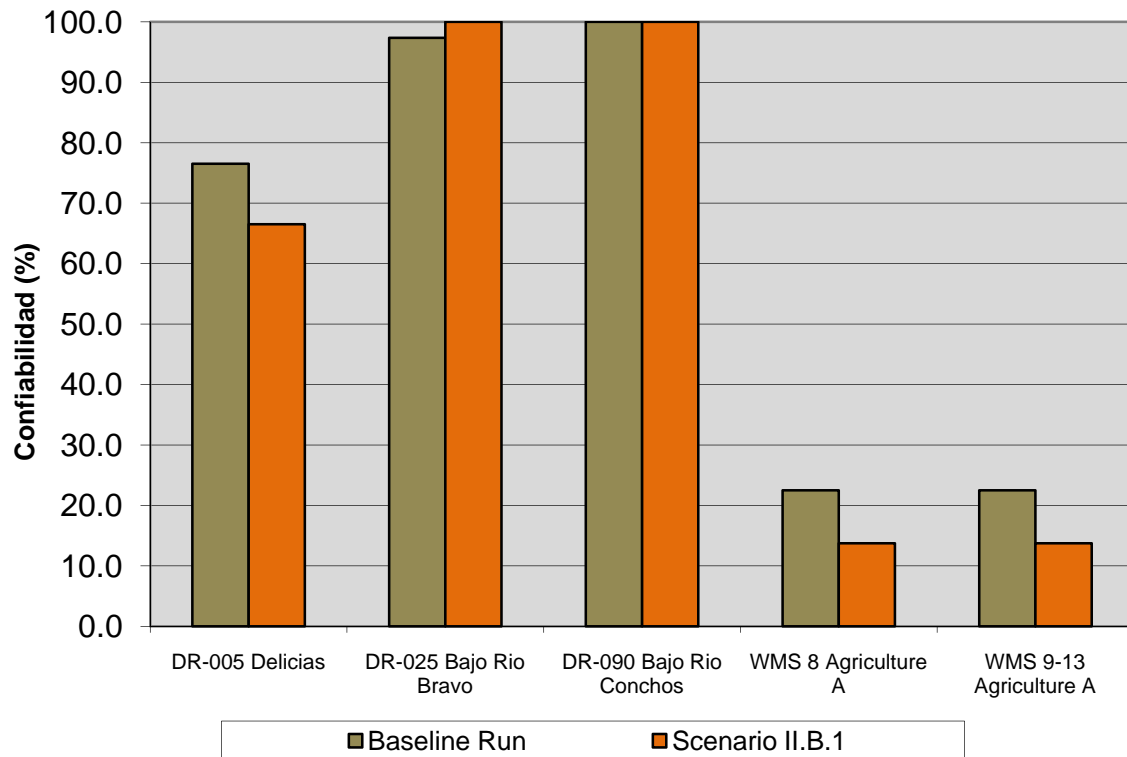


Figura 158. Confiabilidad para distritos de riego, Escenario II.B.1.

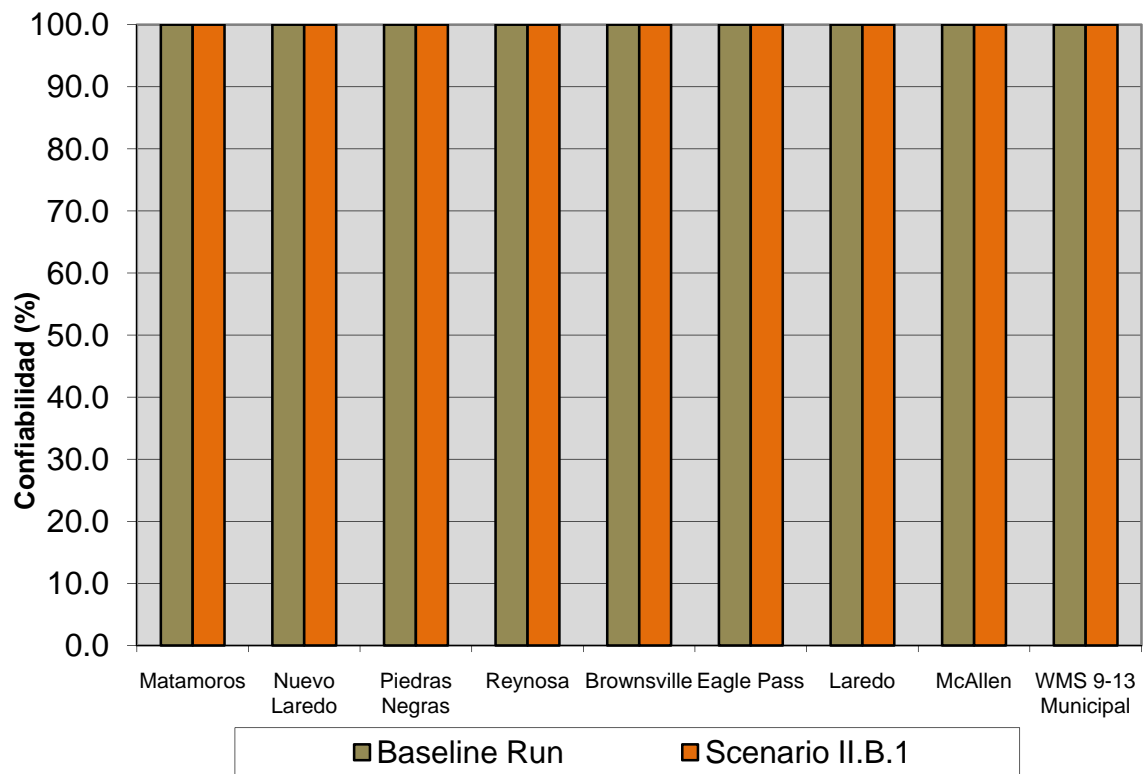


Figura 159. Confiabilidad para usos Público-Urbanos, Escenario II.B.1.

La Tabla 142 y Figura 160 muestran los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo experimentado para los distritos de riego.

Tabla 142. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y déficit máximo para los distritos de riego que presentaron déficit en su extracción, cuenta Escenario II.B.1.

	DR-005		DR-025		WMS 8 "A"		WMS 9-13 "A"	
	BR	II.B.1	BR	II.B.1	BR	II.B.1	BR	II.B.1
Total de periodos	720	720	720	720	720	720	720	720
Periodos con Déficit	169	241	20	0	554	621	554	621
Confiabilidad (%)	76.5%	66.5%	97.2%	100.0%	23%	14%	23%	14%
Periodos regresando de un déficit	6	8	5	0	15	10	15	10
Resiliencia (%)	4%	3%	25%	N/A	3%	2%	3%	2%
Volumen de déficit (hm ³)	2912.5	4563.8	966.5	0.0	6866.0	8297.8	26182.9	31642.8
Vulnerabilidad* (%Concesión/mes)	2%	2%	6%	N/A	3%	4%	49%	53%
Déficit Máximo* (%Concesión)	7%	7%	14%	0%	10%	9%	10%	9%
Concesión (hm³/año)	906.1	906.1	861 / 671	861 / 671	374.3	374.3	1427.2	1427.2

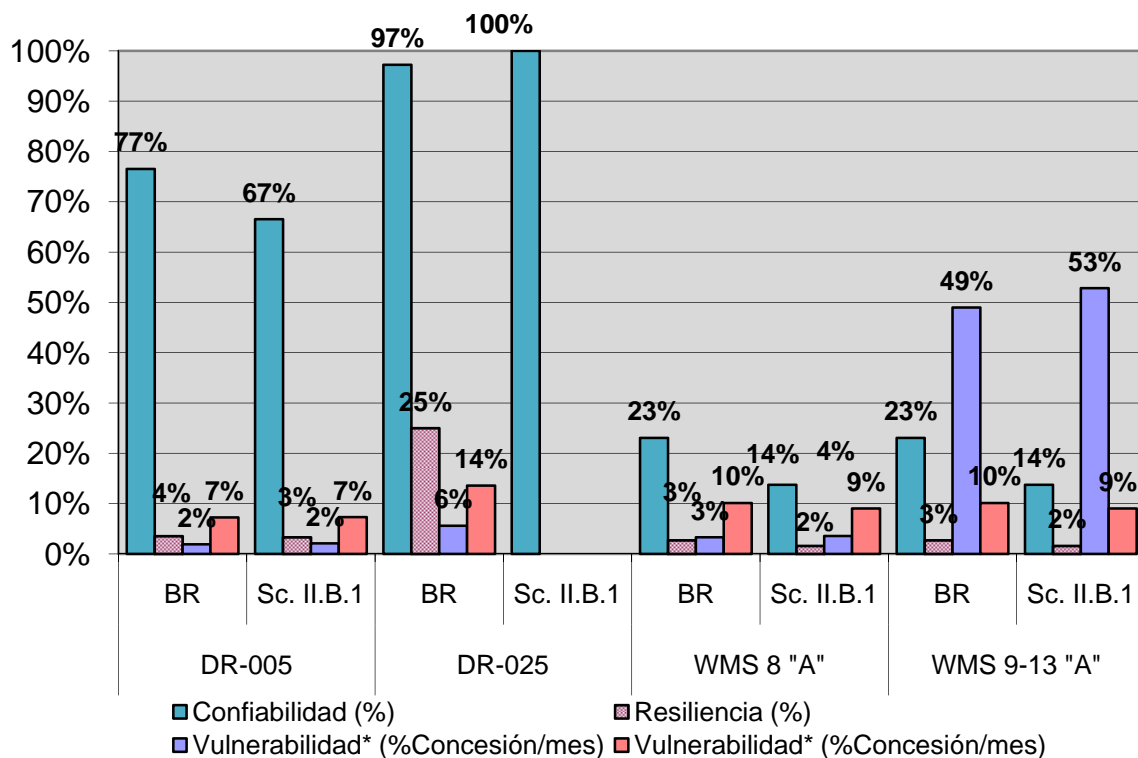


Figura 160. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y Déficit Máximo para los distritos de riego que presentaron déficit en su extracción, cuenta Escenario II.B.1.

De estos resultados se puede observar que el distrito de riego DR-025 Bajo Río Bravo presento un incremento en su confiabilidad de 97.2 a 100%. Los distritos de riego DR-005 Delicias, WMS 8 Agriculture “A” y WMS 9-13 Agriculture “A” presentaron una disminución en su confiabilidad de 79.5% a 66.5%, de 23 a 14% y de 23 a 14%, respectivamente. Esta disminución en la confiabilidad se presento debido a la disminución en el almacenamiento de las presas La Boquilla y F. Madero.

Presas

La Tabla 143 muestra el Almacenamiento medio mensual, mínimo y máximo para las presas seleccionadas. La Figura 161 muestra estos resultados como porcentaje del NAMO de cada una de las presas.

Tabla 143. Comparativo del Almacenamiento Medio Mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presas La Boquilla, F. Madero, Luís L. León, Amistad y Falcon, cuenta Escenario II.B.1.

Presa	Cuenta	NAMO (hm ³)	Media (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Amistad	BR	3887	87%	36%	116%
	Sc. II.B.1		95%	41%	116%
F. Madero	BR	348	58%	9%	100%
	Sc. II.B.1		54%	3%	100%
Falcon	BR	3273	82%	35%	107%
	Sc. II.B.1		89%	40%	107%
La Boquilla	BR	2903	59%	9%	100%
	Sc. II.B.1		50%	9%	100%
Luis L. León	BR	356	108%	52%	140%
	Sc. II.B.1		117%	58%	140%

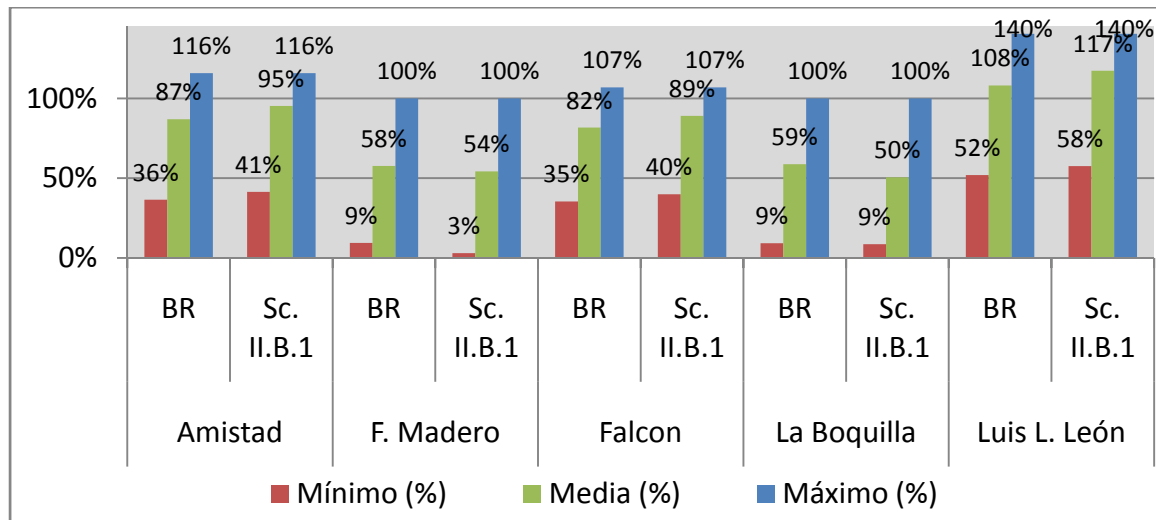


Figura 161. Comparativo del Almacenamiento Medio Mensual y Máximo para la presas La Boquilla, F. Madero, Luís L. León, Amistad y Falcon, Escenario II.B.1.

Las presas La Boquilla y Francisco I. Madero presentaron una reducción en su almacenamiento medio mensual de 59 a 50% y de 58 a 54% respectivamente, con respecto al NAME de cada presa, La presa Luís L. León y las presas internacionales Amistad y Falcon presentaron un incremento en el almacenamiento medio de 108 a 117%, de 87 a 95% y de 82 a 89%, con respecto al NAMO de cada presa. En este caso el método afecta solo a las presas La Boquilla y F. Madero, ya que las presas Luís L. León, Amistad y Falcon presentaron un incremento en su almacenamiento medio mensual.

Debido al banqueo de agua y a su envío al DR-025 Bajo Río Bravo, las presas La Boquilla y F. Madero presentaron una disminución en su almacenamiento. La Figura 162 y Figura 163 muestran el comparativo del almacenamiento entre el escenario de referencia Baseline Run y el Escenario II.B.1.

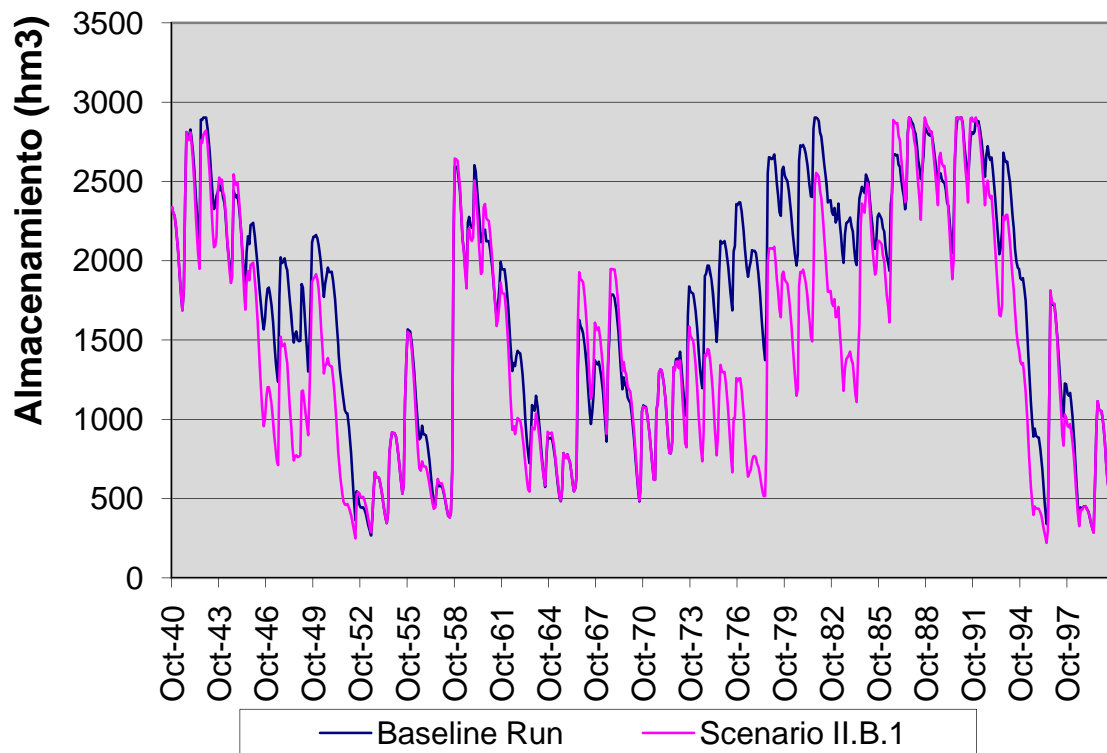


Figura 162. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa La Boquilla, Baseline Run Vs. Escenario II.B.1.

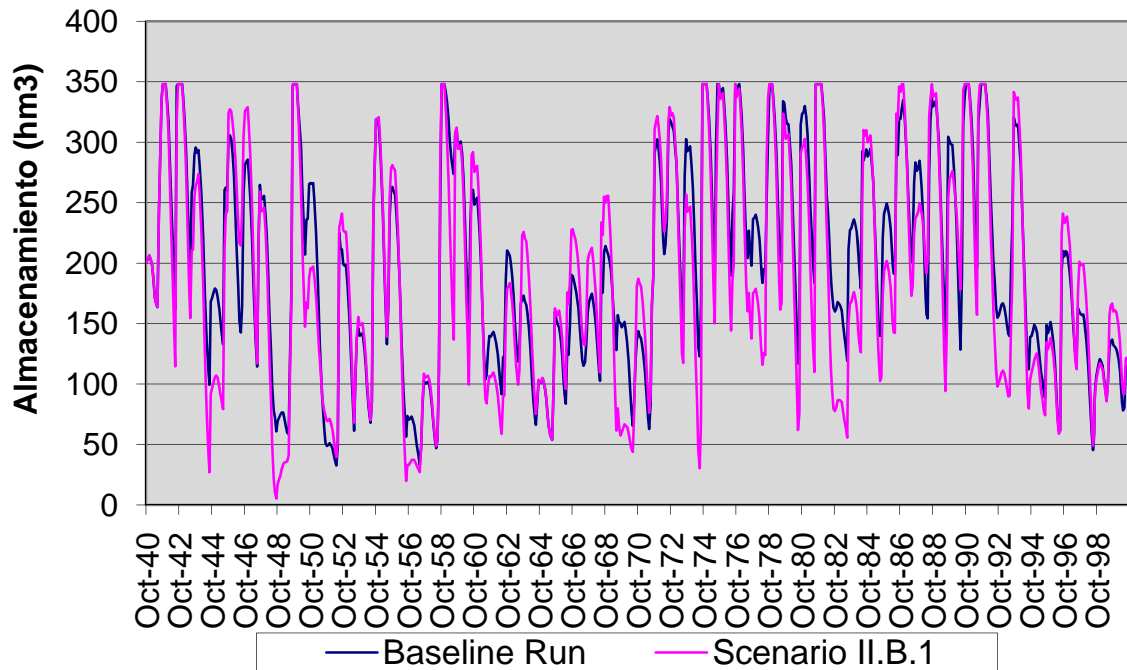


Figura 163. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa F. Madero, Baseline Run Vs. Escenario II.B.1.

El almacenamiento en las presas Amistad, Falcon y Luís L. León presentan un incremento en su almacenamiento, como se muestra en la Figura 164, Figura 165 y Figura 166, respectivamente.

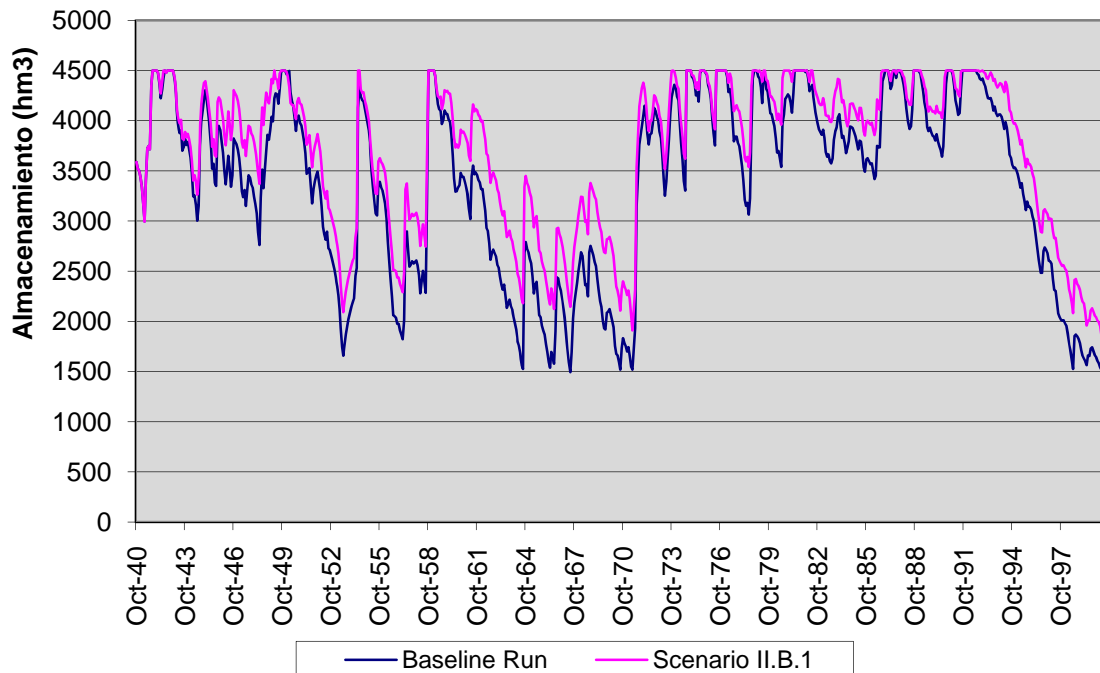


Figura 164. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Amistad, Baseline Run Vs. Escenario II.B.1.

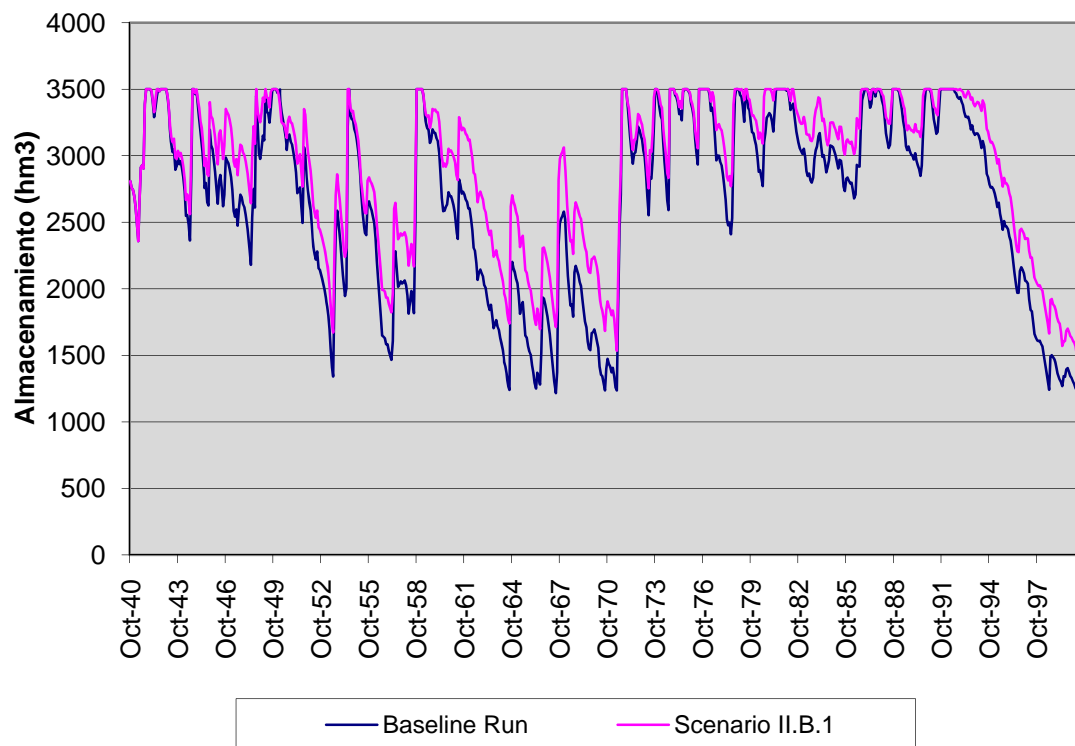


Figura 165. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Falcon, Baseline Run Vs. Escenario II.B.1.

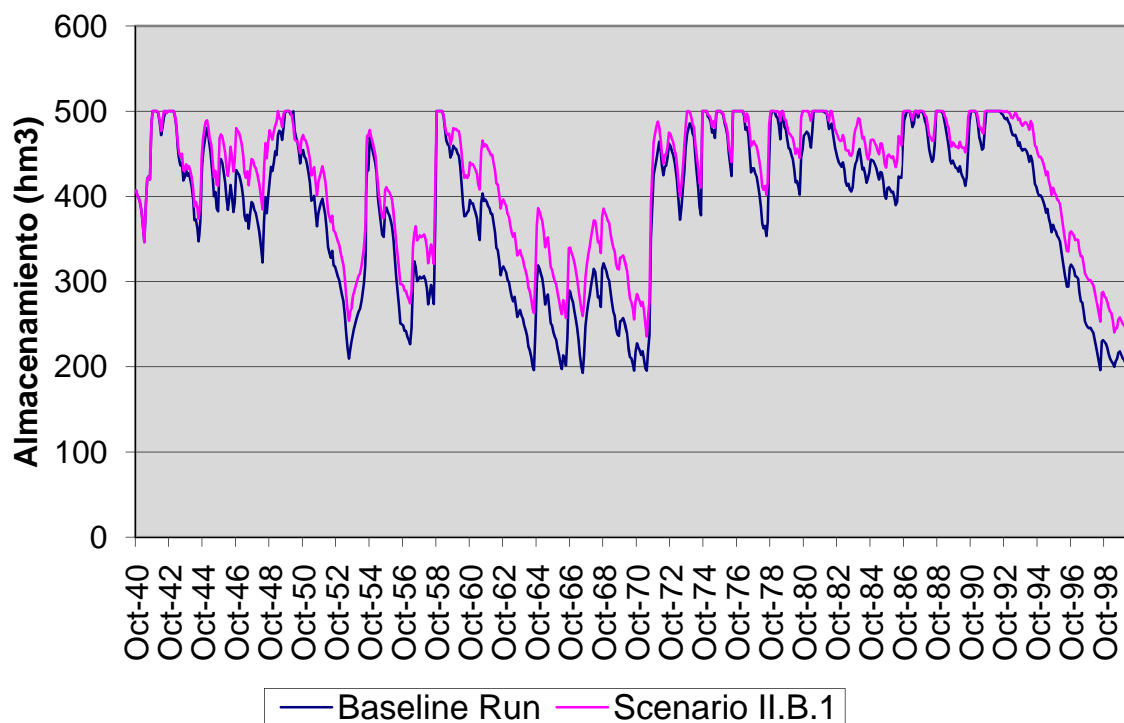


Figura 166. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Luís L. León, Baseline Run Vs. Escenario II.B.1.

Conclusiones

La implementación de la re-adquisición temporal de derechos de agua en el DR-025 y el banqueo de esta agua en el acuífero Meoqui es hidrológicamente factible, ya que técnicamente es posible el banqueo del agua re-adquirida temporalmente en el acuífero Meoqui, con su posterior envío al DR-025 Bajo Río Bravo. Los beneficios de este escenario para el DR-025 Bajo Río Bravo son relevantes, ya que su extracción promedio se incrementa del 97.8 al 100%, y la confiabilidad se incrementa del 97.4 al 100%, no presentando déficit en su extracción. En contraposición, debido al banqueo de agua en el DR-005 Delicias, los distritos de riego DR-005 Delicias, WMS 8 Agriculture “A” y WMS 9-13 Agriculture “A” presentaron una reducción en su extracción media de 94.3 a 92%, de 69 a 62.9%, de 69 a 62.9% respectivamente. Lo anterior indica que la disminución en el almacenamiento de las presas La Boquilla y Francisco I. Madero afecta directamente a estos distritos de riego.

El almacenamiento en las presas La Boquilla y F. Madero presentó una disminución en su valor, debido al banqueo de agua a través del Método *In Lieu*. Las presas Luís L. León, Amistad y Falcon incrementaron su volumen de almacenamiento. Estos resultados indican que la aplicación enfocada del banco de agua a un usuario fuera de la cuenca del Río Conchos disminuye el almacenamiento medio solo en las presas dentro de la cuenca del Río Conchos.

Este escenario muestra la factibilidad de enviar agua del banco a usuarios fuera del Río Conchos. Como se ha establecido en el Escenario I.B, I.B.1, I.B.4 y II.C.1, la factibilidad del banqueo de agua depende de la disponibilidad de agua superficial en las presas La Boquilla y Francisco I. Madero, así como de la disposición de los usuarios de agua subterránea del DR-005 para rescindir temporalmente de su concesión de agua superficial y aceptar el agua superficial a cambio. Para este escenario se consideró que tanto los usuarios del DR-005 Delicias como los usuarios del DR-025 Bajo Río Bravo presentaron la disposición para rescindir temporalmente de sus derechos de agua y recuperarlos cuando se necesitase en el DR-025. Un importante factor en este escenario es la disminución del agua enviada del agua del banco al DR-025 debido a lo establecido en el tratado de 1944.

Escenario II.C.1 Banqueo de agua para cambiar el programa de entregas bajo el tratado

México tiene la obligación de entregar a Estados Unidos 2,159 hm³ (1.75 millones de acres-pie) cada 5 años. Normalmente, México tendería a entregar más de 431.721 hm³ (350 mil acres-pie) de promedio anual en años más húmedos y menos en años más secos. Sin embargo, la CNA puede invertir este patrón y distribuir más agua en los años secos, cuando más se necesita, y menos agua en años más húmedos, cuando menos se necesita, instituyendo un banco de agua en la cuenca del Conchos.

Resumen de Resultados

El Escenario II.C.1 del proyecto de escenarios de Manejo del agua para la cuenca del Río Grande/ Bravo, fue elaborado considerando el banqueo de agua y extracción mediante el método *In Lieu* en el distrito de riego DR-005 Delicias. (DR-005) y la entrega de estos volúmenes para el cumplimiento de las obligaciones del tratado cuando en el cuarto año de un ciclo de 5 años se presente un déficit mayor a 431.721 hm³.

El distrito de riego DR-005 Delicias presento una reducción en su extracción promedio de 94.3 a 79.6%, además de su confiabilidad de 77 a 5%. Por el contrario, el DR-025 Bajo Río Bravo presento un ligero incremento en su extracción promedio de 97.8 a 98.3% y en su confiabilidad, de 97.2 a 97.6%. Los demás distritos de riego no presentaron cambio alguno en su almacenamiento medio. Los usos Público-Urbanos presentaron una confiabilidad y extracción promedio del 100%. Para las obligaciones del tratado de 1944, el Río Conchos presento un incremento en su volumen promedio anual destinado al tratado de 357.4 a 365.3 hm³/año (del 83 al 85% con respecto al volumen promedio anual comprometido por concepto del tratado que es de 431.721 hm³/año). El escurrimiento mínimo no cambio con respecto al escenario de referencia, 14%. Sin embargo, el escurrimiento mínimo sufrió una disminución con respecto al escenario de referencia, de 316% a 312%. Del banco de agua se extrajo un total de 3883.5 hm³ en dos años, 1955 y 1999, donde se extrajo 1889.6 y 1993.9 hm³, respectivamente. En el tercer ciclo del tratado (1950-1955) se disminuyo el déficit de obligaciones del tratado en 229.4 hm³, (de -677.7 hm³ a -229.4 hm³). De igual forma, en el ciclo 12 (1995-2000) se elimino el déficit por obligaciones del tratado de -448.9 hm³ a +7.3 229.4 hm³. Las presas Amistad y Luís. L. León sufrieron un pequeño incremento en su almacenamiento medio, de 108 a 109% y de 87 a 88%, respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa. Prácticamente, las presas La Boquilla, Francisco I. Madero, y Falcon no presentaron cambio alguno en su almacenamiento medio mensual, el cual es de 59%, 58% y 82%, respectivamente, con respecto al NAMO. Contrario a lo esperado, el Escenario II.C.1 no afecta a las presa La Boquilla y F. Madero. Por el contrario todas las presas sufrieron un incremento en su almacenamiento mínimo. El acuífero Meoqui presento un incremento en el almacenamiento de 330% con respecto a la cuenta Baseline Run. Al final del periodo de análisis, el almacenamiento del acuífero Meoqui para la cuenta Scenarior II.C.1 (3344.8 hm³) fue mayor que en el escenario de referencia Baseline Run (907.6 hm³), lo que representa un balance positivo del agua disponible del Escenario II.C.1 con respecto al Baseline Run. La cantidad de agua depositada en el banco de agua a lo largo

del periodo de análisis fue de 8125.2 hm³, cantidad que representa un banqueo de agua durante 43 años y un deposito promedio de 189 hm³/año; la cantidad de agua extraída de la cuenta del banco para las obligaciones del Tratado fue de 3883.5 hm³, a lo largo de 2 años, 1889.6 hm³ en 1955 y 1993.9 hm³ en 1999, por lo que se presentó un **saldo positivo en el banco de 4241.8 hm³**.

Introducción

En los años mas húmedos de lo normal, cuando el almacenamiento disponible en las Presa F. Madero y La Boquilla sea mayor al volumen de extracción del DR-005 Delicias, se realiza el banqueo de agua a través del método *In lieu*, sustituyendo el uso de 188.959 hm³/año (153.2 miles de acres-pie) de agua subterránea por agua superficial. Este depósito en el banco de agua será contabilizado a una cuenta destinada a cumplir con los compromisos del tratado de 1944. En años cuando el almacenamiento disponible en las presas La Boquilla y F. Madero sea menor al volumen de extracción del DR-005 Delicias, se detiene el banqueo de agua y se realiza la extracción de agua superficial y subterránea de forma ordinaria al DR-005 Delicias.

En ciclos de 5 años de obligaciones del tratado, cuando en el cuarto año exista un déficit en la entrega de las obligaciones mayor a 431.721 hm³, es decir, el banco de agua cubrirá el déficit acumulado de los 4 años previos.

De igual forma que en los escenarios referentes al banqueo de agua (I.B, I.B.1, I.B.2-3, I.B.4 y II.B.1), el volumen máximo anual ahorrado es de 188.959 hm³, volumen que corresponde a la concesión de agua superficial del DR-005 Delicias. Este volumen ahorrado representa 101.6 hm³ en la confluencia del Río Conchos con el Río Grande/Bravo, debido a las perdidas por conducción (Escenario I.B.1, Sección: *Impacto y distribución del agua banqueada en toda la Cuenca del Río Grande/ Bravo*). Se estima que la disminución promedio de entregas en periodos húmedos con respecto al escenario de referencia sea de una tercera parte de 101.6 hm³, la cual es de 33.9 hm³/año (27450 acres-pie).

Resultados

Concesiones

La Tabla 144 y la Figura 167 muestran el volumen de concesión, la extracción y déficit promedio, así como la extracción mínima en las cuentas Baseline Run y Scenariio II.C.1, para los distritos de riego seleccionados.

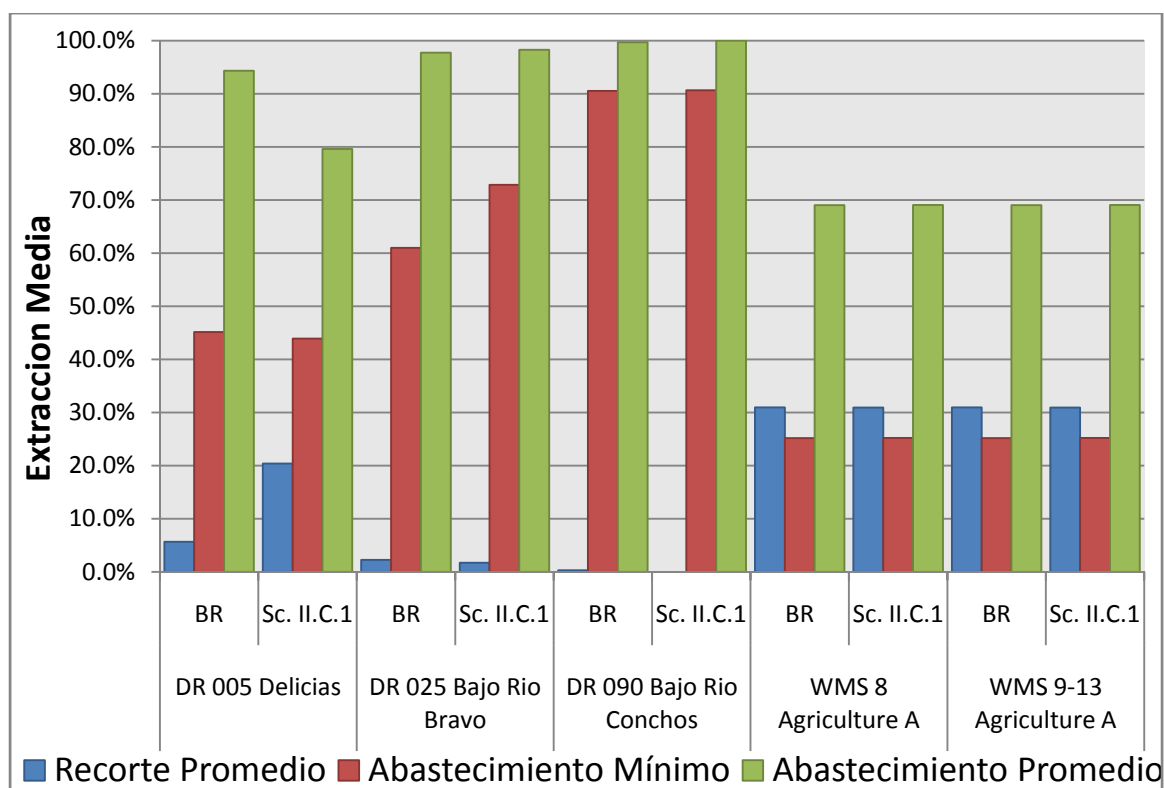


Figura 167. Volumen de concesión, Extracción y déficit promedio para los distritos de riego, Escenario II.C.1.

Tabla 144. Volumen de concesión, extracción y déficit promedio para los distritos de riego, Escenario II.C.1.

Distrito de Riego	Cuenta	Concesión (hm³/año)	Abastecimiento Promedio (%)	Recorte Promedio (%)	Abastecimiento Mínimo (%)
DR 005 Delicias	BR	906.1	94.3%	5.7%	45%
	Sc. II.C.1	906.1	79.6%	20.4%	44%
DR 025 Bajo Rio Bravo	BR	861.0	98%	2%	61%
	Sc. II.C.1	861.0	98%	2%	73%
DR 090 Bajo Rio Conchos	BR	85.0	100%	0%	91%
	Sc. II.C.1	85.0	100%	0%	91%
WMS 8 Agriculture A	BR	374.3	69%	31%	25%
	Sc. II.C.1	374.3	69%	31%	25%
WMS 9-13 Agriculture A	BR	1427.2	69%	31%	25%
	Sc. II.C.1	1427.2	69%	31%	25%

La Tabla 145 muestra el volumen de concesión, la extracción y déficit promedio, así como la extracción mínima en las cuentas Baseline Run y Scenario II.C.1, para los usos Público-Urbanos seleccionados. La Figura 168 muestra la grafica de estas concesiones de uso público urbano.

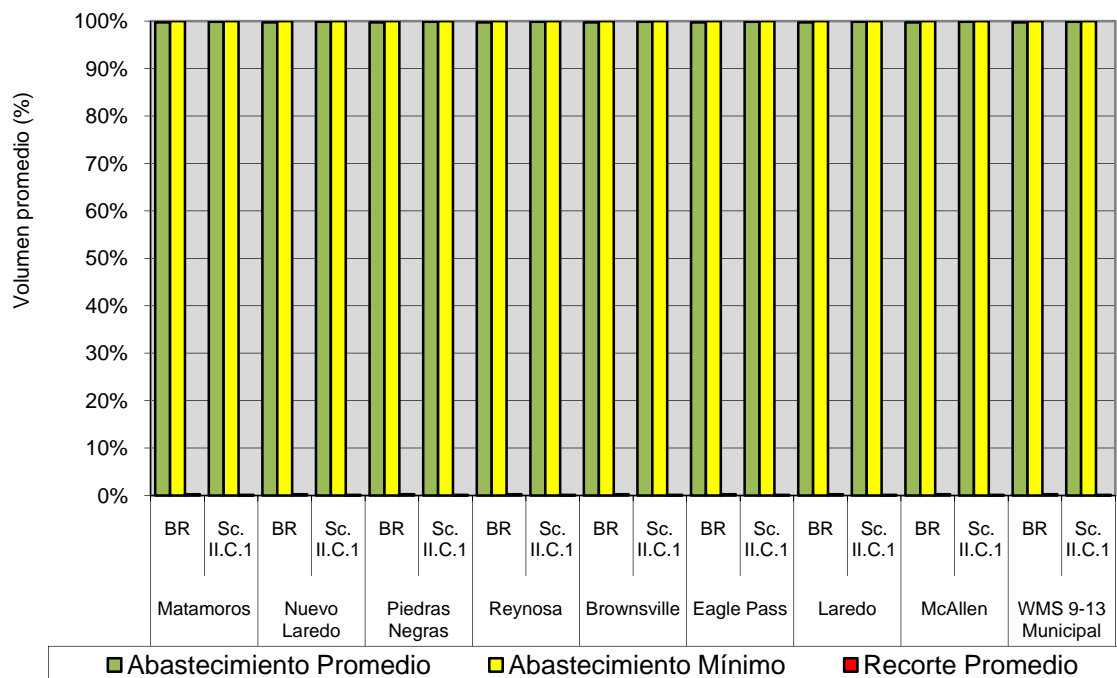


Figura 168. Extracción y déficit promedio para los usos Público-Urbano, Escenario II.C.1.

Tabla 145. Volumen de concesión, extracción y déficit promedio para los usos Público-Urbano, Escenario II.C.1.

Uso Público Urbano	Cuenta	Concesión (hm ³ /año)	Abastecimiento Promedio (%)	Recorte Promedio (%)	Abastecimiento Mínimo (%)
Matamoros	BR	48.0	100%	0%	100%
	Sc. II.C.1	48.0	100%	0%	100%
Nuevo Laredo	BR	36.1	100%	0%	100%
	Sc. II.C.1	36.1	100%	0%	100%
Piedras Negras	BR	36.0	100%	0%	100%
	Sc. II.C.1	36.0	100%	0%	100%
Reynosa	BR	67.0	100%	0%	100%
	Sc. II.C.1	67.0	100%	0%	100%
Brownsville	BR	85.5	100%	0%	100%
	Sc. II.C.1	85.5	100%	0%	100%
Eagle Pass	BR	9.5	100%	0%	100%
	Sc. II.C.1	9.5	100%	0%	100%
Laredo	BR	57.0	100%	0%	100%
	Sc. II.C.1	57.0	100%	0%	100%
McAllen	BR	0.8	100%	0%	100%
	Sc. II.C.1	0.8	100%	0%	100%
WMS 9-13 Municipal	BR	201.5	100%	0%	100%
	Sc. II.C.1	201.5	100%	0%	100%

El distrito de riego DR-005 Delicias que se vio afectados por el banqueo de agua en el acuífero Meoqui con una disminución en su extracción media de 94.3 a 79.6% con respecto a su volumen de concesión.

Debido al banqueo de agua en el acuífero Meoqui y la entrega exclusiva de estos volúmenes ahorrados al cumplimiento del tratado, el DR-005 presento una disminución en su extracción media, ya que el almacenamiento en las presas La Boquilla y F. Madero se ve disminuido. Los usos Público-Urbanos no presentaron ningún cambio, presentando un 100% de extracción.

Tratado

La Tabla 146 y Figura 169 muestra el volumen medio anual, mínimo y máximo con respecto al volumen medio anual (431.721 hm³/año) destinado al cumplimiento del tratado de 1944 en las cuentas Baseline Run y Escenario II.C.1 para los Ríos Conchos, San Diego, San Rodrigo, Escondido, Salado y Arroyo Las Vacas.

Tabla 146. Volumen promedio, mínimo, máximo destinado al cumplimiento del tratado de los ríos establecidos en el tratado de 1944, Escenario II.C.1.

Esgurrimiento	Escenario	Esgurrimiento				Desviación Estándar (hm³/año)
		Promedio		Mínimo (%)	Máximo (%)	
		(hm³/año)	(%)			
Arroyo Las Vacas	BR	6.4	1%	0%	7%	4.7
	Sc. II.C.1	6.4	1%	0%	7%	4.7
Río Conchos	BR	357.4	83%	14%	316%	205.1
	Sc. II.C.1	365.3	85%	14%	312%	209.4
Río Escondido	BR	31.0	7%	0%	19%	21.6
	Sc. II.C.1	31.0	7%	0%	19%	21.6
Río Salado	BR	108.3	25%	3%	134%	123.8
	Sc. II.C.1	108.3	25%	3%	134%	123.7
Río San Diego	BR	73.1	17%	7%	40%	36.3
	Sc. II.C.1	73.2	17%	7%	40%	36.2
Río San Rodrigo	BR	49.6	11%	1%	68%	49.7
	Sc. II.C.1	49.6	11%	1%	68%	49.7
Obligaciones del Tratado	BR	625.8	145%	62%	371%	298.2
	Sc. II.C.1	633.8	147%	61%	367%	292.3

La Tabla 147 muestra un comparativo de los volúmenes de agua entregados por concepto de tratado para el escenario de referencia Baseline Run y el Escenario II.C.1. Estos resultados muestran que para el tercer ciclo del tratado (1950-1955), en la cuenta de referencia Baseline Run se presento un déficit para las obligaciones del tratado de 677.7 hm³, el cual en el Escenario II.C.1 se redujo a 229.4 hm³. De igual forma en el 12 ciclo (1995-2000) se presento un déficit para las obligaciones del tratado en la cuenta de

referencia Baseline Run de 488.9 hm³, el cual se elimino en el Escenario II.C.1, teniendo por el contrario un superávit de 7.3 hm³.

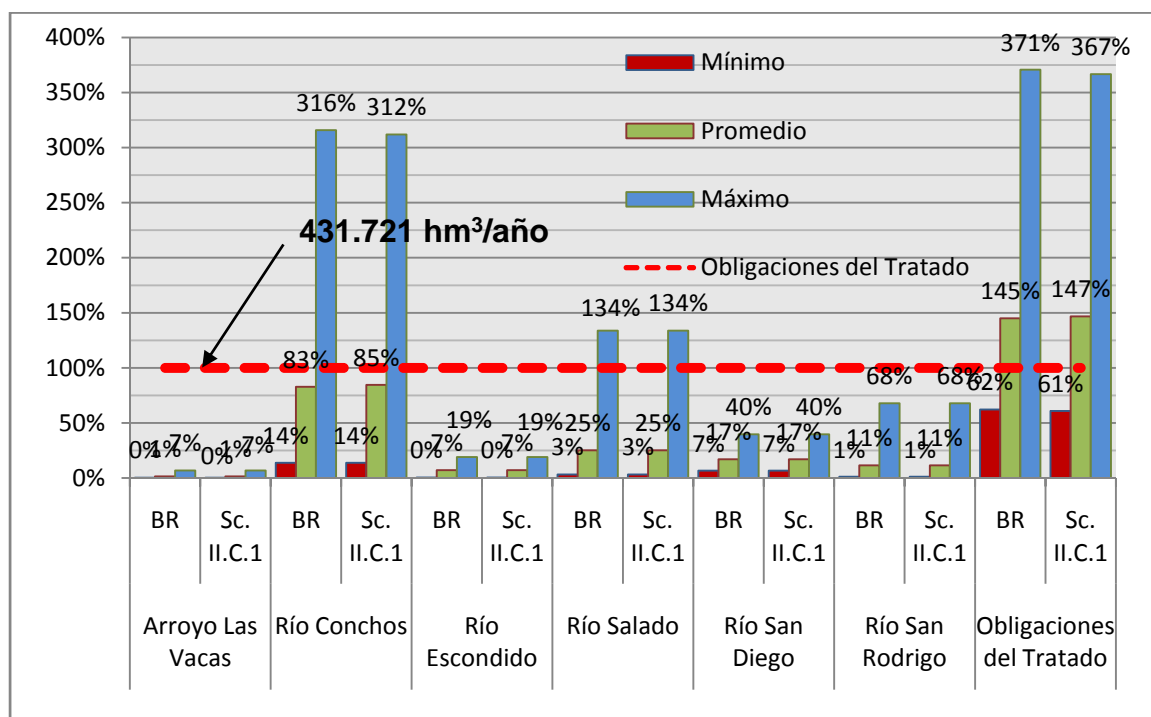


Figura 169. Volumen promedio, mínimo y máximo destinado al cumplimiento del tratado de los ríos establecidos en el tratado de 1944, Escenario II.C.1.

Tabla 147. Volumen de agua entregado por concepto de obligaciones del tratado, Escenario II.C.1.

Ciclo	Periodo	Duración (Años)	Volumen Comprometido (hm ³)	Baseline Run		Escenario II.C.1	
				Entregado (hm ³)	Diferencia (hm ³)	Entregado (hm ³)	Diferencia (hm ³)
1	1940-1945	5	2159	2997.4	838.4	2949.4	790.4
2	1945-1950	5	2159	2462.5	303.5	2422.0	263.0
3	1950-1955	5	2159	1481.3	-677.7	1929.6	-229.4
4	1955-1960	5	2159	3322.0	1163.0	3300.9	1141.9
5	1960-1965	5	2159	2449.8	290.8	2407.9	248.9
6	1965-1970	5	2159	3110.1	951.1	3063.0	904.0
7	1970-1975	5	2159	4253.7	2094.7	4217.1	2058.1
8	1975-1980	5	2159	4251.5	2092.5	4188.7	2029.7
9	1980-1985	5	2159	3403.0	1244.0	3341.2	1182.2
10	1985-1990	5	2159	3965.5	1806.5	3901.5	1742.5
11	1990-1995	5	2159	4167.5	2008.5	4101.2	1942.2
12	1995-2000	5	2159	1670.1	-488.9	2166.3	7.3

La **Tabla 148** y Figura 170 muestra la extracción y entrega de agua del banco a las obligaciones del tratado.

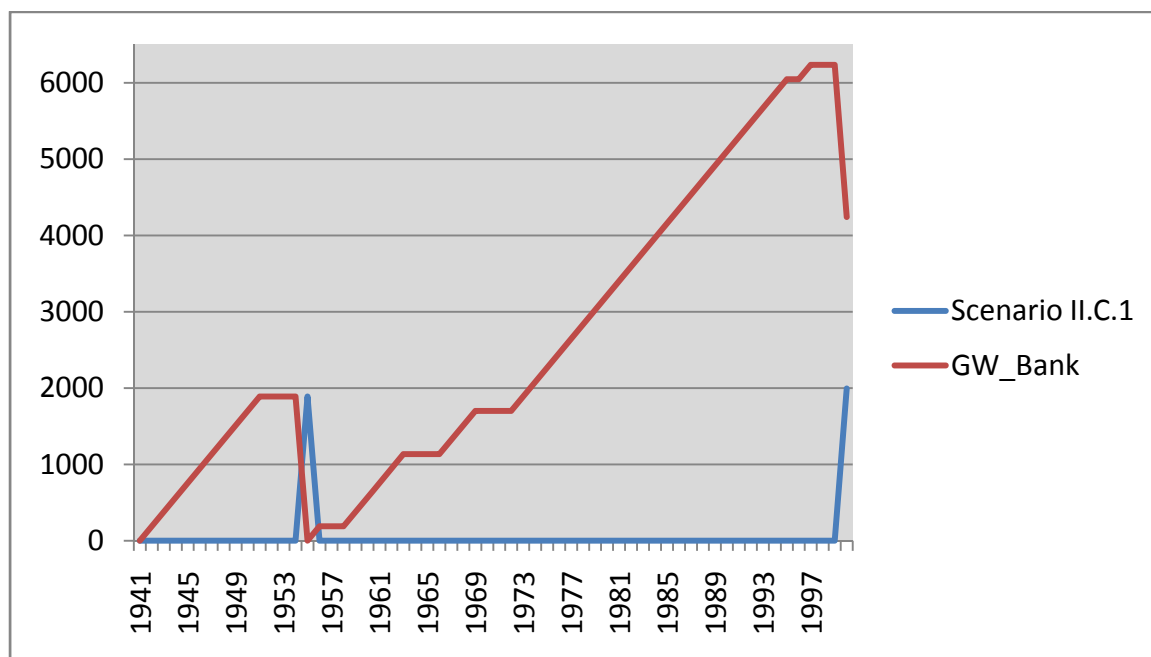


Figura 170. Volumen de extracción y volumen entregado del banco de agua en el acuífero Meoqui a las obligaciones del tratado, Escenario II.B.1.

Tabla 148. Volumen de extracción y volumen entregado del banco de agua en el acuífero Meoqui a las obligaciones del tratado, Escenario II.C.1.

Año	Banco de Agua (hm3)	Sc. II.C.1 (hm3)	Año	Banco de Agua (hm3)	Sc. II.C.1 (hm3)	Año	Banco de Agua (hm3)	Sc. II.C.1 (hm3)
1941	0	0.0	1961	0	755.8	1981	0	3401.3
1942	0	189.0	1962	0	944.8	1982	0	3590.2
1943	0	377.9	1963	0	1133.8	1983	0	3779.2
1944	0	566.9	1964	0	1133.8	1984	0	3968.1
1945	0	755.8	1965	0	1133.8	1985	0	4157.1
1946	0	944.8	1966	0	1133.8	1986	0	4346.1
1947	0	1133.8	1967	0	1322.7	1987	0	4535.0
1948	0	1322.7	1968	0	1511.7	1988	0	4724.0
1949	0	1511.7	1969	0	1700.6	1989	0	4912.9
1950	0	1700.6	1970	0	1700.6	1990	0	5101.9
1951	0	1889.6	1971	0	1700.6	1991	0	5290.9
1952	0	1889.6	1972	0	1700.6	1992	0	5479.8
1953	0	1889.6	1973	0	1889.6	1993	0	5668.8
1954	0	1889.6	1974	0	2078.5	1994	0	5857.7
1955	1889.6	0.0	1975	0	2267.5	1995	0	6046.7
1956	0	189.0	1976	0	2456.5	1996	0	6046.7
1957	0	189.0	1977	0	2645.4	1997	0	6235.6
1958	0	189.0	1978	0	2834.4	1998	0	6235.6
1959	0	377.9	1979	0	3023.3	1999	0	6235.6
1960	0	566.9	1980	0	3212.3	2000	1993.9	4241.8

La Figura 171 muestra el comparativo, entre la cuenta de referencia y el Escenario II.C.1, del flujo de entrada al Río Bravo/Grande proveniente del Río Conchos. A demás, es posible apreciar que en 1955 y en el 2000 se incremento el flujo de entrada del Conchos debido al envío de agua proveniente del banco. En 1955 se extrajo un volumen de 1889.6 hm³ del banco de agua para abastecer el déficit de cuatro años previos de 543.9 hm³. Debido a este envío de agua, el flujo de entrada proveniente del Río Conchos se incremento en 1484.4 hm³ (de 537.1 hm³ a 2021.5 hm³), cuyo volumen representa en obligaciones del tratado 494.8 hm³. No obstante, no fue posible evitar un déficit en las obligaciones del tratado para este ciclo de 229.4 hm³. Por otra parte, en el 2000 se extrajo un volumen de 1993.9 hm³ del banco de agua para abastecer el déficit de cuatro años previos de 374.4 hm³. Debido a este envío de agua, el flujo de entrada proveniente del Río Conchos se incremento en 1612.1 hm³ (de 548.7 hm³ a 2160.8 hm³), cuyo volumen representa en obligaciones del tratado 537.4 hm³. En esta ocasión si fue posible cumplir con las obligaciones del tratado, teniendo un excedente de 7.3 hm³, como se mostro previamente en la Tabla 147.

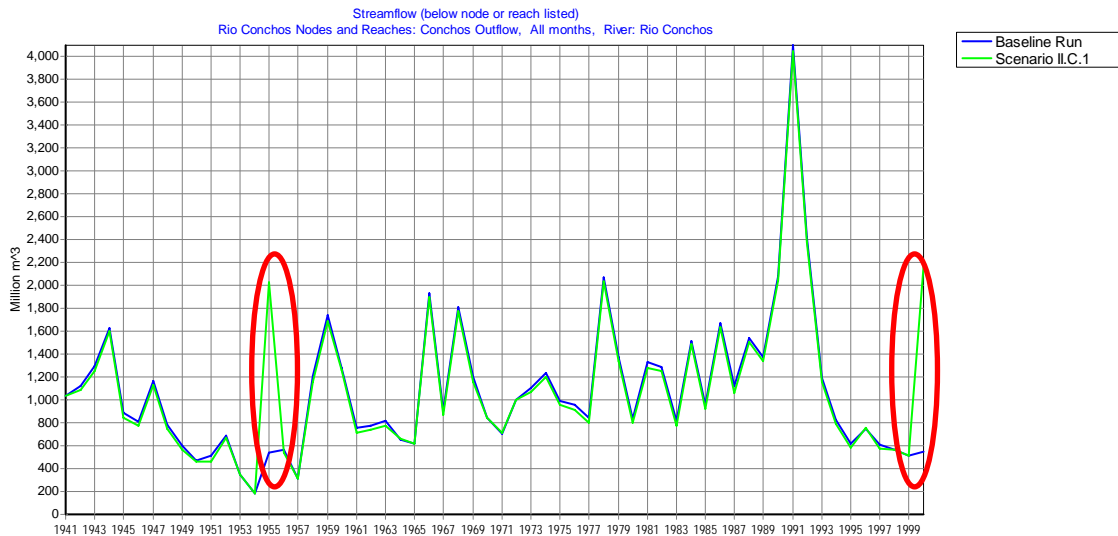


Figura 171. Escurrimiento de al Río Bravo/Grande proveniente del Río Conchos, , Escenario II.C.1.

Acuífero Meoqui

La Tabla 149 y Figura 172 muestran un comparativo entre las cuentas Baseline Run y Scenarior II.C.1 del volumen mensual promedio del acuífero Meoqui-Delicias. Todos los porcentajes son calculados con respecto al volumen medio mensual de la cuenta Baseline Run. Al final del periodo de análisis, el almacenamiento del acuífero Meoqui para la cuenta Baseline Run y Scenarior II.C.1 fue de 907.6 hm³ y de 3344.8 hm³ respectivamente.

Tabla 149. Almacenamiento medio mensual del acuífero Meoqui, Escenario II.C.1.

Mes	Media			
	Baseline Run		Escenario II.C.1	
	(hm ³)	(%)	(hm ³)	(%)
Oct	214.1	90%	2254.7	944%
Nov	246.1	103%	2287.1	958%
Dic	279.3	117%	2320.5	972%
Ene	282.6	118%	2327.9	975%
Feb	285.6	120%	2335.2	978%
Mar	266.9	112%	2323.3	973%
Abr	245.6	103%	2309.4	967%
May	236.7	99%	2306.0	966%
Jun	217.0	91%	2293.2	961%
Jul	198.2	83%	2281.3	956%
Ago	192.0	80%	2280.4	955%
Sep	200.7	84%	2292.5	960%
Media	238.7	100%	2301.0	964%

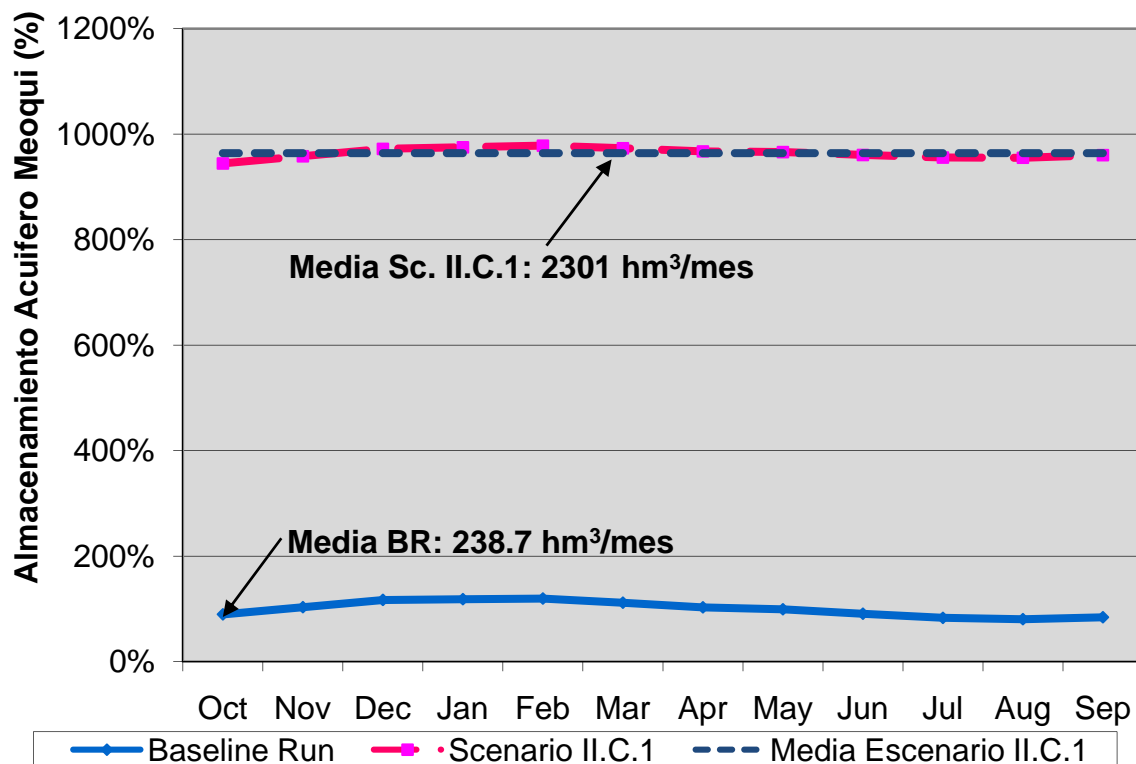


Figura 172. Almacenamiento mensual medio del acuífero Meoqui, Escenario II.C.1.

La **Figura 173** muestra el almacenamiento registrado para las cuentas Baseline Run y Scenario II.C.1 del acuífero Meoqui. Como se puede apreciar, el almacenamiento para la cuenta Scenario II.C.1 es mayor que el almacenamiento de cuenta de referencia Baseline Run.

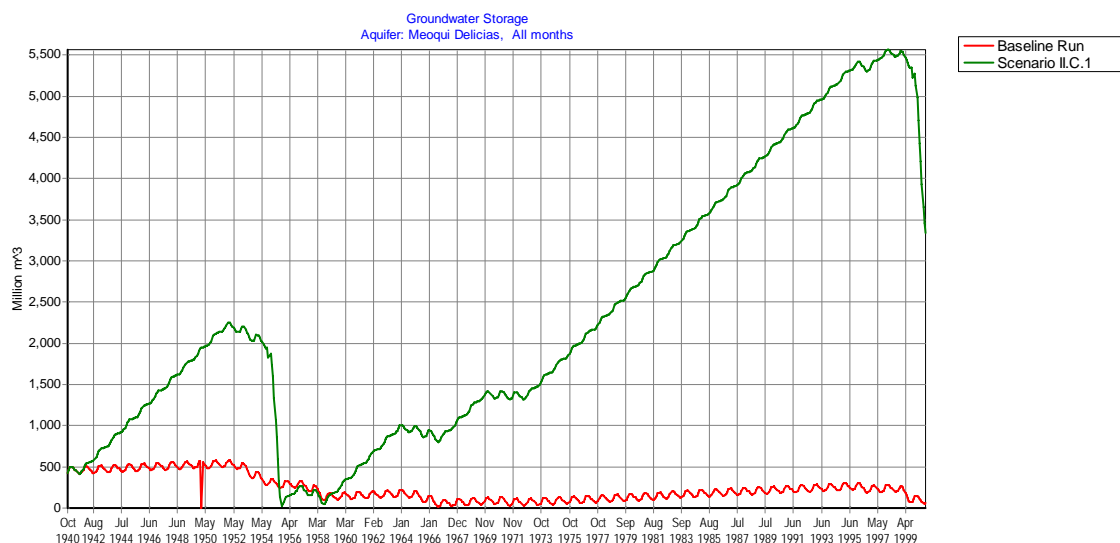


Figura 173. Comparativo del almacenamiento del Acuífero Mecoqui, Escenario II.C.1.

La cantidad de agua depositada en el banco de agua a lo largo del periodo de análisis fue de 8125.2 hm³, cantidad que representa un banqueo de agua durante 43 años. La cantidad de agua extraída de la cuenta del banco por las obligaciones del tratado fue de 3883.5 hm³, a lo largo de 2 años, 1889.6 hm³ en 1955 y 1993.9 hm³ en 1999, por lo que se presento un saldo positivo en el banco de 4241.8 hm³ (Figura 173).

Criterios de desempeño

La Tabla 150 y Figura 174 muestran la confiabilidad para los distritos de riego. La Tabla 151 y Figura 175 muestran la confiabilidad para los usos Público-Urbanos

Tabla 150. Confiabilidad para distritos de riego, Escenario II.C.1.

Irrigation District	Demand (hm ³ /año)	Reliability (%)	
		Baseline Run	Scenario II.C.1
DR-005 Delicias	906.1	76.5	5.1
DR-025 Bajo Rio Bravo	861.0	97.2	97.6
DR-090 Bajo Rio Conchos	85.0	100.0	100.0
WMS 8 Agriculture A	374.3	23.1	21.7
WMS 9-13 Agriculture A	1427.2	23.1	21.7

Tabla 151. Confiabilidad para usos público-urbanos, Escenario II.C.1.

Uso Público-Urbano	Concesión (hm ³ /año)	Confiabilidad (%)	
		Baseline Run	Escenario II.C.1
Matamoros	48.0	100.0	100.0
Nuevo Laredo	36.1	100.0	100.0
Piedras Negras	36.0	100.0	100.0
Reynosa	67.0	100.0	100.0
Brownsville	51.5	100.0	100.0
Eagle Pass	9.5	100.0	100.0
Laredo	52.7	100.0	100.0
McAllen	0.8	100.0	100.0
WMS 9-13 Municipal	201.5	100.0	100.0

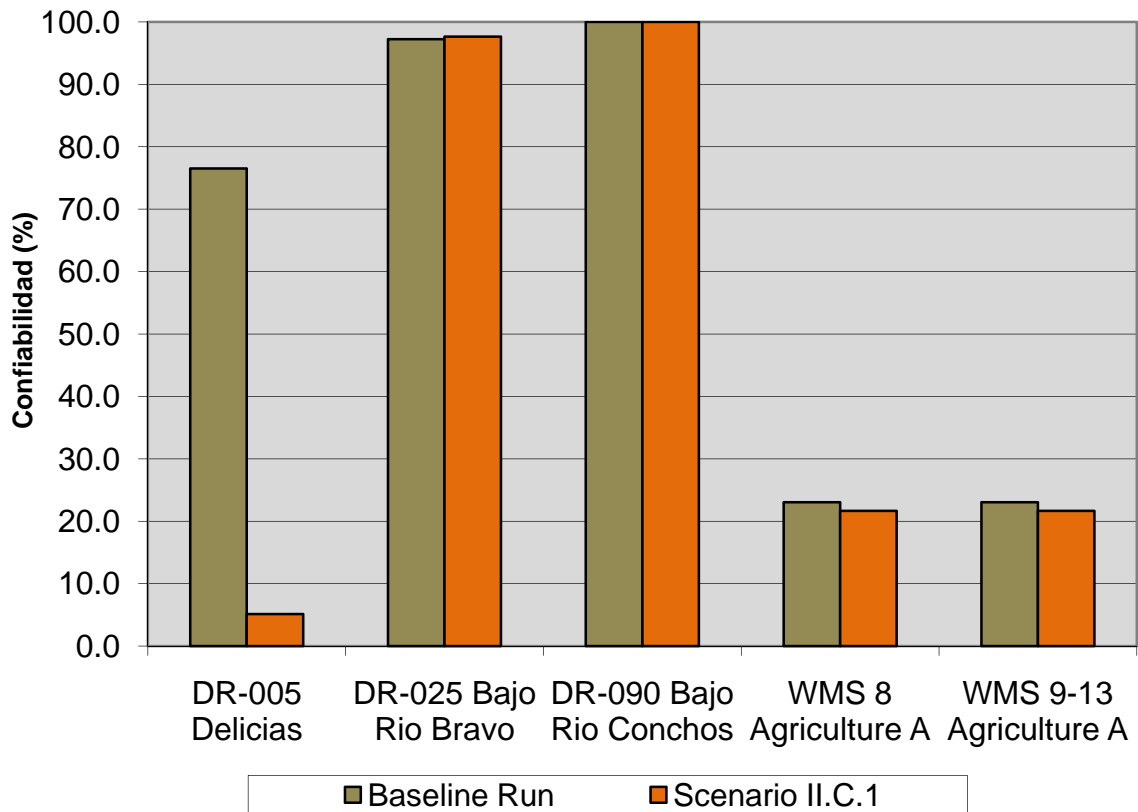


Figura 174. Confiabilidad para distritos de riego, Escenario II.C.1.

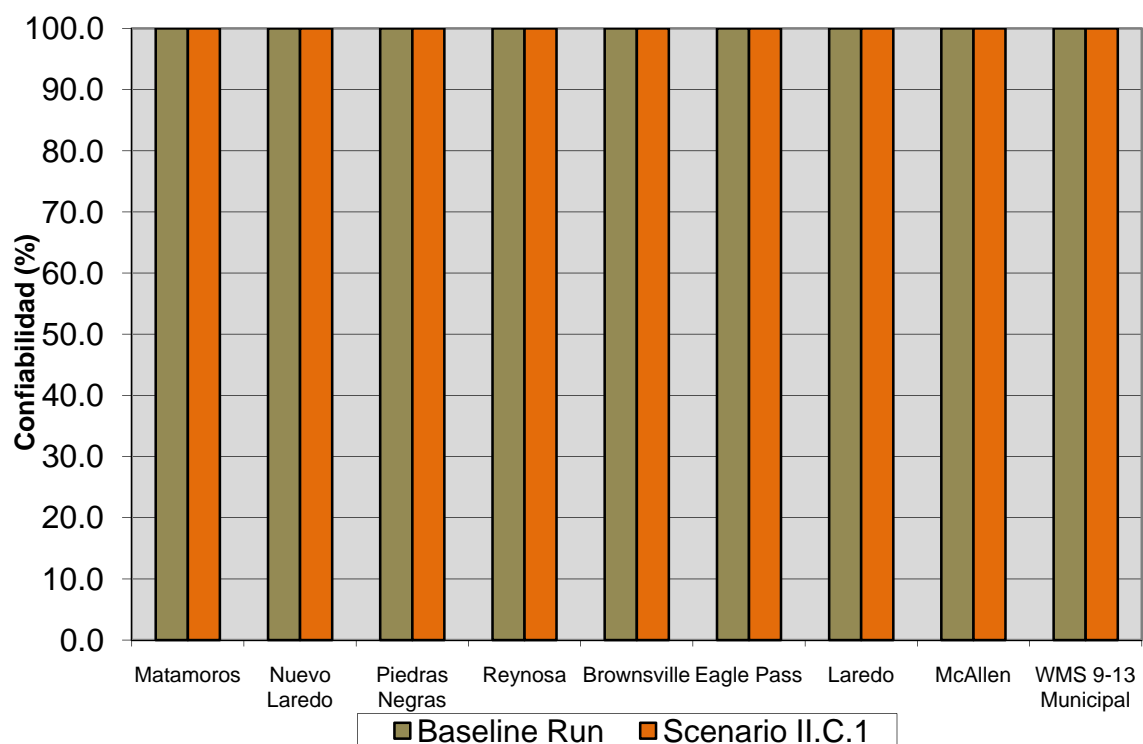


Figura 175. Confiabilidad para usos Público-Urbanos, Escenario II.C.1.

Para los distritos de riego que presentaron una confiabilidad menor al 100%, se calcularon los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo para cada una de estas concesiones. Para los usos Publico Urbanos no es posible calcular los índices de resiliencia y vulnerabilidad ya que presentaron una extracción promedio y confiabilidad del 100 %.La Tabla 152 y Figura 176 muestran los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo experimentado para los distritos de riego.

Tabla 152. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y déficit máximo para los distritos de riego que presentaron déficit en su extracción, cuenta Escenario II.C.1.

Periodo	DR-005		DR-025		WMS 8 "A"		WMS 9-13 "A"	
	BR	II.C.1	BR	II.C.1	BR	II.C.1	BR	II.C.1
Total de periodos	720	720	720	720	720	720	720	720
Periodos con Déficit	169	684	20	17	554	565	554	565
Confiabilidad (%)	77%	5%	97.2%	97.6%	23%	22%	23%	22%
Periodos regresando de un déficit	6	2	5	7	15	13	15	13
Resiliencia (%)	4%	0%	25%	41%	3%	2%	3%	2%
Volumen de déficit (hm ³)	2912.5	10991.9	966.5	746.2	6866.0	6885.9	26182.9	26258.7
Vulnerabilidad* (%Concesión/mes)	2%	2%	6%	5%	3%	3%	49%	48%
Déficit Máximo* (%Concesión)	7%	7%	14%	14%	10%	9%	10%	9%
Concesión (hm³/año)	906.1	906.1	861.0	861.0	374.3	374.3	1427.2	1427.2

* Porcentajes obtenidos con respecto al volumen de concesión¹.

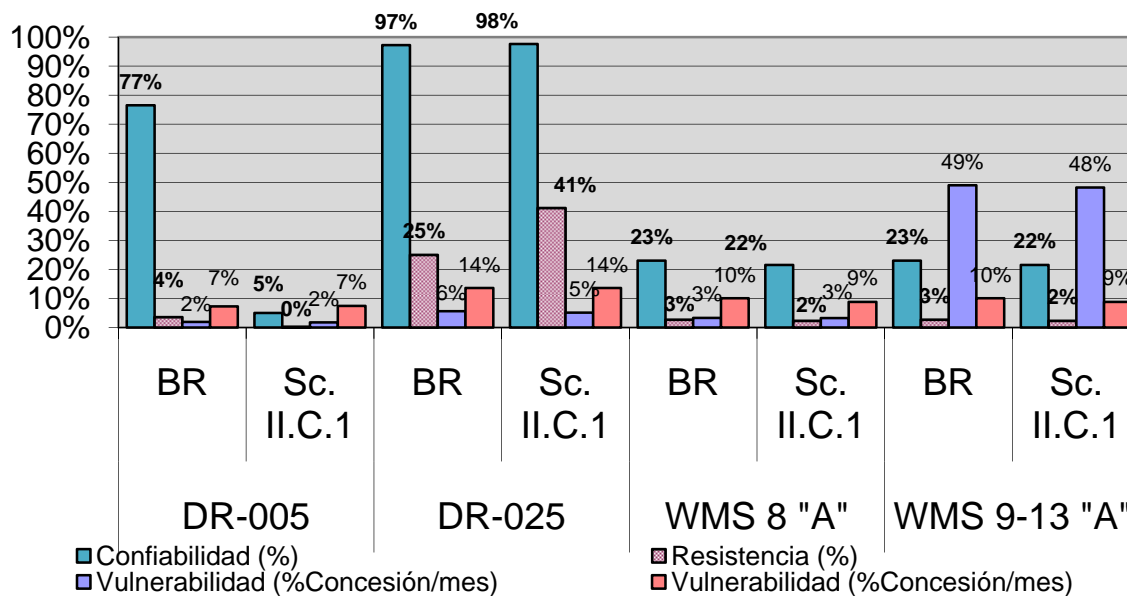


Figura 176. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y Déficit Máximo para los distritos de riego que presentaron déficit en su extracción, cuenta Escenario II.C.1.

En este escenario el DR-005 sufrió un dramático decremento en su confiabilidad del 77 al 5% debido a que el banco de agua fue destinado exclusivamente al cumplimiento de las obligaciones del tratado. Por el contrario, el DR-025 Bajo Río Conchos sufrió un ligero incremento en su confiabilidad que paso de 97 a 98%.

Presas

La Tabla 153 muestra el Almacenamiento medio mensual, mínimo y máximo para las presas seleccionadas. La Figura 177 muestra estos resultados como porcentaje del NAMO de cada una de las presas.

Tabla 153. Comparativo del Almacenamiento Medio Mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presas La Boquilla, F. Madero, Luís L. León, Amistad y Falcon, cuenta Escenario II.C.1.

Presa	Cuenta	NAMO (hm ³)	Media (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Amistad	BR	3887	87%	36%	116%
	Sc. II.C.1		88%	39%	116%
F. Madero	BR	348	58%	9%	100%
	Sc. II.C.1		58%	12%	100%
Falcon	BR	3273	82%	35%	107%
	Sc. II.C.1		82%	38%	107%
La Boquilla	BR	2903	59%	9%	100%
	Sc. II.C.1		59%	10%	100%
Luis L. León	BR	356	108%	52%	140%
	Sc. II.C.1		109%	55%	140%

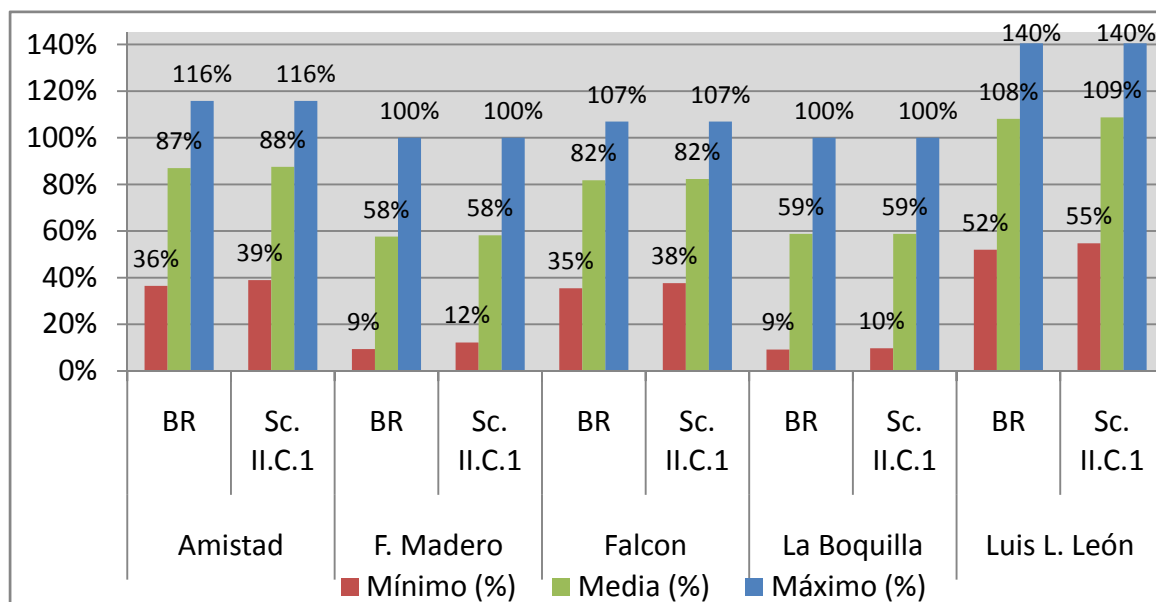


Figura 177. Comparativo del Almacenamiento Medio Mensual y Máximo para la presas La Boquilla, F. Madero, Luís L. León, Amistad y Falcon, Escenario II.C.1.

Prácticamente, las presas La Boquilla, Francisco I. Madero, y Falcon no presentaron cambio alguno en su almacenamiento medio mensual. Las presas Amistad y Luís. L. León sufrieron un pequeño incremento en su almacenamiento medio, de 108 a 109% y de 87 a 88%, respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa. Contrario a lo esperado, el Escenario II.C.1 no afecta a las presa La Boquilla y F. Madero. Por el contrario todas las presas sufrieron un incremento en su almacenamiento mínimo.

Como se muestra en la Figura 178, tanto la cuenta de referencia Baseline Run como la cuenta del Escenario II.C.1 el almacenamiento de la presa Amistad es el mismo, excepto en 1955 y 2000 donde se observa un incremento en su almacenamiento.

De igual forma que en la presa Amistad, la presa Falcon muestra el mismo almacenamiento tanto en la cuenta de referencia Baseline Run y en el escenario II.C.1, excepto en 1955 y 2000 donde se observa un incremento en su almacenamiento, como se muestra en la Figura 179.

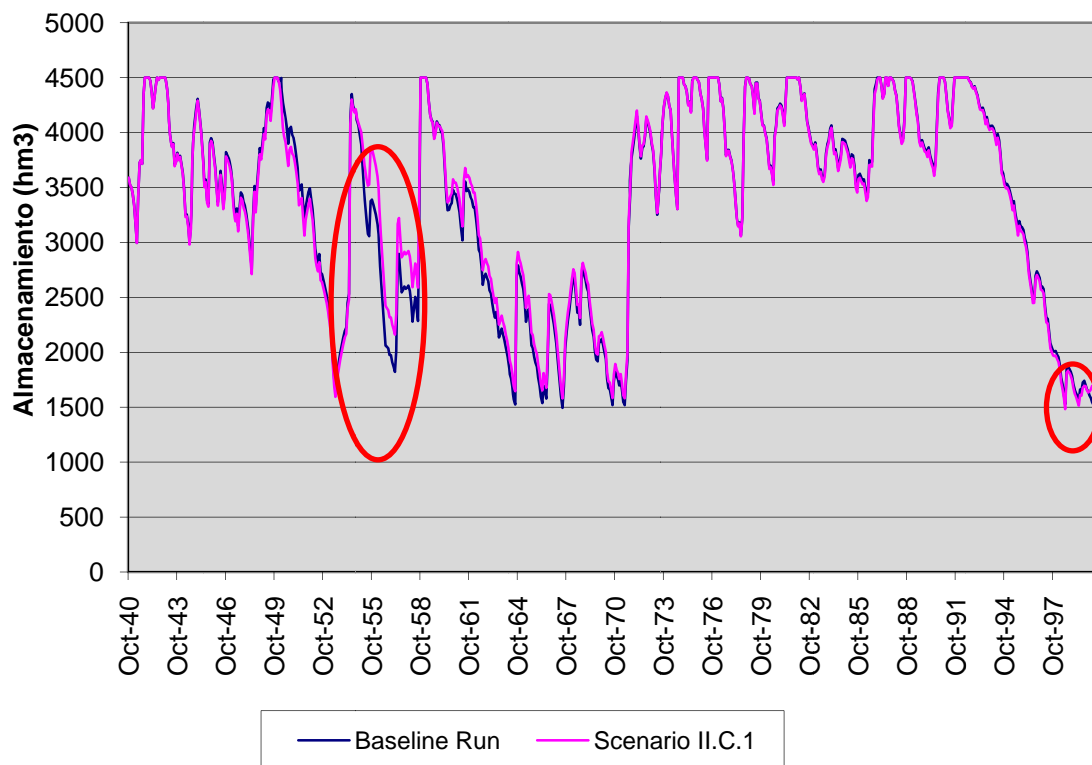


Figura 178. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Amistad, Baseline Run Vs. Escenario II.C.1.

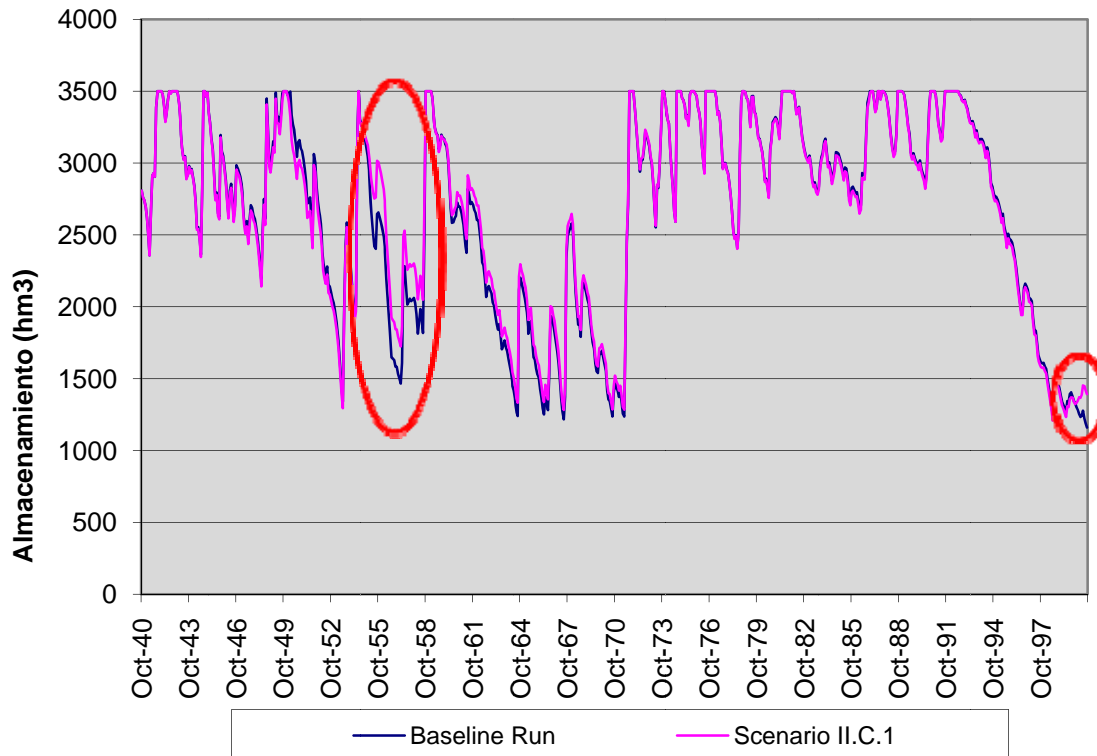


Figura 179. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Falcon, Baseline Run Vs. Escenario II.C.1.

El almacenamiento en las presas La Boquilla, F. Madero y Luís L. León no presentan cambios significativos en su almacenamiento, como se muestra en la Figura 180, Figura 181 y Figura 182, respectivamente.

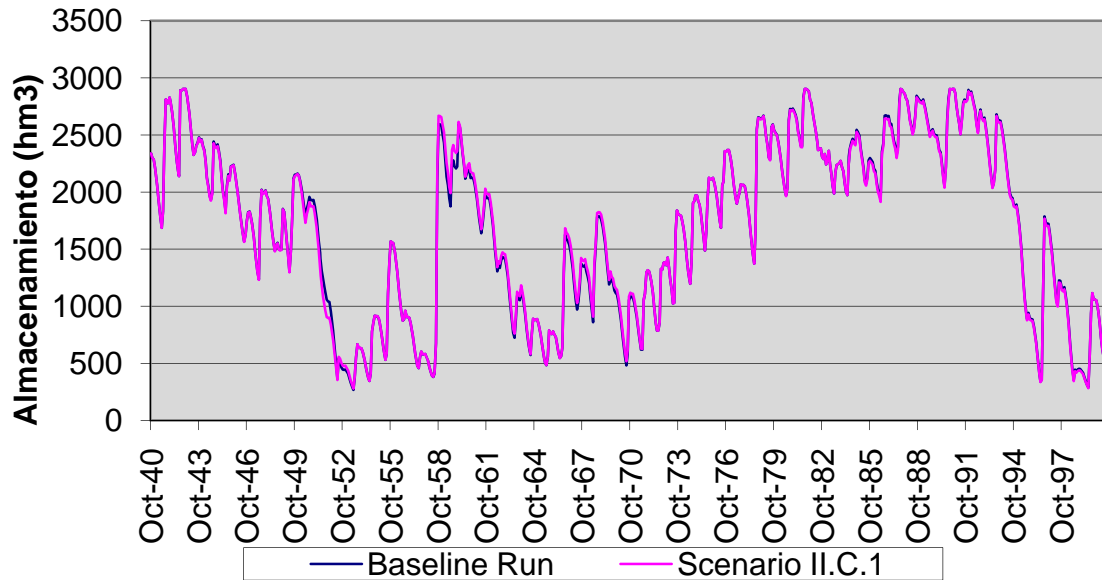


Figura 180. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa La Boquilla, Baseline Run Vs. Escenario II.C.1.

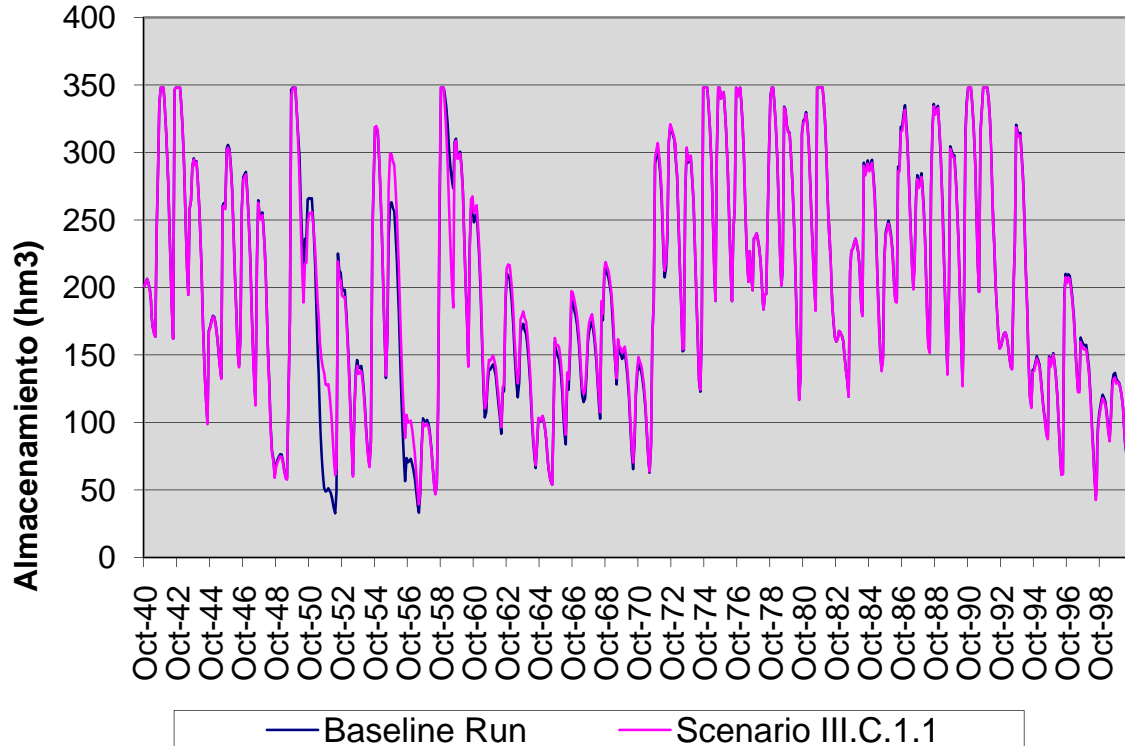


Figura 181. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa F. Madero, Baseline Run Vs. Escenario II.C.1.

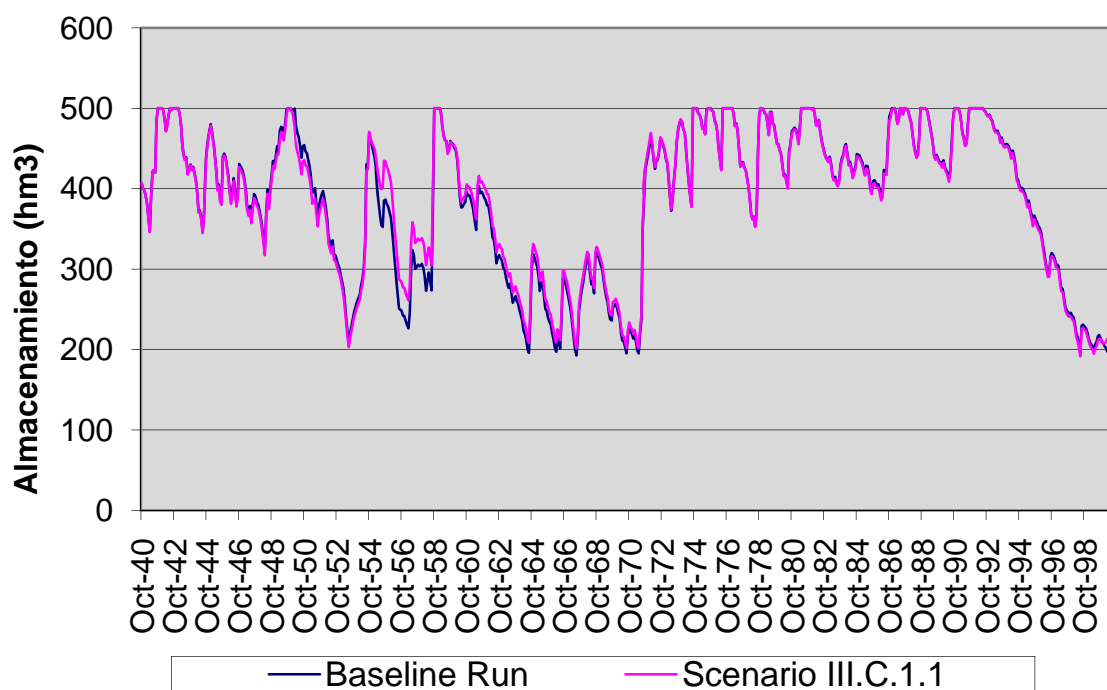


Figura 182. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Luís L. León, Baseline Run Vs. Escenario II.C.1.

Conclusiones

La implementación del banco de agua subterránea en el Acuífero Meoqui para fines de almacenar agua para el cumplimiento del tratado es hidrológicamente factible, ya que, como se ha mostrado en escenarios anteriores, el banco de agua depende de la cantidad de agua disponible en las presas La Boquilla y Francisco I. Madero, así como de la disposición de los usuarios de agua subterránea del DR-005 para rescindir de su concesión de forma temporal y aceptar a cambio, agua superficial. Como es el caso de este escenario, el uso del agua banqueada para abastecer los compromisos del tratado fue satisfactorio, reduciendo en el tercer ciclo (1950-1955) el déficit en las obligaciones del tratado en 229.4 hm³, (de -677.7 hm³ a -229.4 hm³). De igual forma, en el ciclo 12 (1995-2000) se eliminó el déficit por obligaciones del tratado de -448.9 hm³ a +7.3 229.4 hm³.

Contrario a lo esperado debido al uso del banqueo de agua a través del método *In Lieu*, el Escenario II.C.1 no afecta a las presas La Boquilla y F. Madero. Prácticamente, las presas La Boquilla, Francisco I. Madero, y Falcon no presentaron cambio alguno en su almacenamiento medio mensual, el cual es de 59%, 58% y 82%, respectivamente, con respecto al NAMO. Las presas Amistad y Luís. L. León sufrieron un pequeño incremento en su almacenamiento medio, de 108 a 109% y de 87 a 88%, respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa. Básicamente, en este escenario se benefició la entrega de agua por concepto de las obligaciones del tratado, lo cual no significa una reducción en el almacenamiento de las presas La Boquilla y Francisco I. Madero para abastecer al Tratado.

Debido a que el agua banqueada fue considerada exclusivamente para cumplir con los compromisos del tratado, la extracción media del distrito de riego DR-005 Delicias vio disminuida de 94.3 a 79.6%, y la confiabilidad de 77 a 5%. Lo anterior indica que el uso del banco de agua no debe ser privativo de un usuario o compromiso de agua, debe ser utilizado para bien común de todos los usuarios a lo largo de toda la cuenca.

Si bien es cierto que las pérdidas por conducción y la asignación del agua debida al tratado en apariencia representan desventajas para el uso del banco de agua en realidad pueden ser consideradas como beneficios, ya que en este caso el DR-025 Bajo Río Bravo se vio beneficiado con un incremento en su extracción media de 97.8 a 983% y en su confiabilidad de 97.2 a 97.6%, con respecto a su volumen de concesión. Por una parte se incrementa la disponibilidad de agua de los usuarios fuera de la cuenca del Río Conchos, sobre todo en épocas de sequía, donde la extracción y envío de agua tiene más valor, tanto para los compromisos del tratado como para los usuarios y flujos ambientales. En este escenario solo se muestra el uso del agua del banco para fines de cumplimiento del tratado, sin embargo, los beneficios fueron extensivos para todos los usuarios fuera de la cuenca del Río Conchos.

Escenario II.C.2 El agua ahorrada debido a las medidas de conservación del agua agrícola en la cuenca del río Conchos es almacenada en la presa Luís L. León y entregada para cumplir con las obligaciones del tratado durante los años más secos que el promedio (en vez de entregar agua de las presas La Boquilla y Madero)

Resumen de Resultados

El Escenario II.C.2 del proyecto de escenarios de Manejo del agua para la cuenca del Río Grande/ Bravo, se evaluó la factibilidad hidrológica de almacenar el agua producto de las medidas de conservación en el DR-005 Delicias (Escenarios II.A.1, II.A.1.a y II.A.1.b) en la presa Luís L. León en lugar de las presas La Boquilla y F. Madero. Los volúmenes ahorrados son destinados al cumplimiento de las obligaciones del tratado en épocas de sequía.

Debido a la aplicación de las medidas de conservación, en el presente escenario se creó sistema para contabilizar y administrar el agua ahorrada en la presas La Boquilla, F. Madero y Luís L. León. En el Acta 309 se declara un volumen de ahorro inicial máximo propuesto de 343 hm³/año. Los resultados de la simulación arrojan un promedio del ahorro inicial propuesto de 338.7 hm³ (98% con respecto al ahorro inicial máximo propuesto). Debido a las perdidas por evaporación en las presa La Boquilla 1y Francisco I. Madero, el almacenamiento real promedio de los volúmenes ahorrados es de 315.8 hm³/año; en promedio, solo el 93% del agua inicial propuesta es ahorrada y almacenada en la realidad debido a las perdidas por evaporación (7% en promedio). Esta agua ahorrada fue enviada anualmente a la presa Luís L. León, en donde se presento un escurrimiento de entrada de los volúmenes ahorrados de 202.7 hm³/año (65% del agua ahorrada en las presas La Boquilla y F. Madero). Del escurrimiento de entrada de los volúmenes ahorrados (202.7 hm³/año) a la presa Luís L. León, el 19% se pierde por de evaporación (38.6 hm³/año), el 65.1% se pierde por derrames (132.1 hm³/año) y tan solo el 15.8% (32.1 hm³/año) es almacenado. **En resumen, de un volumen real ahorrado de 315.8 hm³/año en las presas La Boquilla y F. Madero, solo se pudo ahorrar en la presa Luís L. León 32.1 hm³/año (10.1%).**

Para el DR-090 Bajo Río Conchos se presento un déficit promedio en el abastecimiento de agua superficial de 72.1 hm³/año, volumen que representa el 84.8% de su volumen de concesión. Para el DR-005 Delicias se presento un déficit promedio en el abastecimiento de aguas subterráneas de 110.8 hm³/año, volumen que representa un déficit del 58.7%, con respecto al volumen de concesión de agua subterránea (189.0 hm³/año). El déficit promedio de agua superficial es de 25.9 hm³/año, volumen que representa un déficit del 4.6%, con respecto al volumen de concesión de agua superficial (564.9 hm³/año). Debido a que el agua ahorrada en este escenario es enviada a las obligaciones del tratado, ninguno de estos déficits fue cubierto por el agua ahorrada.

Los Distritos de riego DR-090 Bajo Río Conchos y DR-005 Delicias fueron los distritos de riego mas afectados, ya que presentaron una fuerte disminución en su extracción

promedio de 100% a 17% y de 94.3 a 81.1%, con respecto a su volumen de concesión. Además, ambos distritos de riego presentaron una disminución en su confiabilidad, pasando del 100 al 2.6% y 76.5% al 38.9% respectivamente. Los distritos de riego DR-025 Bajo Río Bravo, WMS 8 Agriculture “A” y WMS 9-13 Agriculture “A” presentaron disminuciones marginales en su extracción media, pasando del 98 al 94%, del 69 al 66% y del 69 al 66%, respectivamente. Además, estos distritos de riego presentaron una disminución en su confiabilidad del 97.4 al 92.8%, del 22.5 al 19.6% y del 22.5 al 19.6%, respectivamente. Los usos Público-Urbanos presentaron una confiabilidad y extracción promedio del 100%. Para las obligaciones del tratado de 1944, el Río Conchos prácticamente presentó un incremento significativo en su volumen promedio anual destinado al tratado, pasando de 357.4 a 397.1 hm³/año (del 83 al 88% con respecto al volumen promedio anual comprometido por concepto del tratado que es de 431.721 hm³/año). Tanto el escurrimiento mínimo como el escurrimiento máximo presentaron un aumento del 14 al 22%, y del 316 al 327% (con respecto al volumen promedio anual comprometido por concepto del tratado que es de 431.721 hm³/año), respectivamente. Las presas La Boquilla, F. Madero, Amistad, Falcon y Luís L León presentaron un incremento en su almacenamiento medio, pasando de 59 a 68%, de 58 a 66%, de 87 a 92%, de 82 a 86% y de 108 a 113%, respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa.

Debido al almacenamiento del agua ahorrada en la presa Luís L. León, el almacenamiento disponible para otros usos en esta presa presentó una considerable disminución, por lo que el DR-090 Bajo Río Conchos presentó déficits en su extracción a pesar que la presa Luís L. León contaba con bastante almacenamiento.

Debido a la reducción de los volúmenes de conducción y a la disminución de los coeficientes de infiltración en los canales, el acuífero Meoqui sufrió un drástico decremento en su volumen de almacenamiento, el cual, para el Escenario II.C.2 es del 16% con respecto al escenario de referencia. Esta disminución en el almacenamiento se debe a que las pérdidas por infiltración de los canales están dirigidas al acuífero Meoqui y como en este escenario se reducen las pérdidas por infiltración y el volumen conducido en los canales, por lo tanto se presenta una menor recarga del acuífero Meoqui. Al final del periodo de análisis, el almacenamiento del acuífero Meoqui para la cuenta Scenarío II.C.2 fue de 3.42 hm³ y en el escenario de referencia Baseline Run fue de 59.5 hm³, lo que representa un balance negativo del Escenario II.C.2 con respecto al escenario de referencia Baseline Run.

A lo largo de 59 años, el DR-090 Bajo Río Conchos presentó un déficit en su abastecimiento de agua superficial de 72.1 hm³/año. Por su parte, el DR-005 Delicias presentó un déficit en su abastecimiento de agua subterránea de 110.8 hm³/año y de agua superficial de 25.9 hm³/año. Estos déficits no fueron cubiertos por el agua ahorrada ya que esta fue enviada para cubrir las obligaciones del tratado. Es necesaria una investigación a detalle para conocer las características hidrogeológicas del acuífero Meoqui, así como la interacción de este acuífero con el agua superficial.

Antecedentes

Este escenario fue construido apoyándose en la estructura ya establecida en los escenarios II.A.1.b y II.C.1. La estructura considerada del Escenario II.A.1.b es la implementación de las medidas de conservación en el DR-005 Delicias, la cual incluye la disminución de las pérdidas por infiltración, la disminución del volumen de concesión, el incremento en la eficiencia de aplicación, así como el envío del agua ahorrada de forma anual a la presa Luís L. León. La estructura considerada del Escenario II.C.1 fue el envío del agua ahorrada de la presa Luís L. León a las obligaciones del tratado cuando el déficit por concepto del tratado al final del cuarto año de cada ciclo sea mayor a 431 hm³. Esta fue la consideración asumida para definir cuando se presenta una época de sequía, en la cual, el agua ahorrada es enviada a la confluencia del Río Conchos con el Río Bravo/Grande. El agua ahorrada no fue enviada en un patrón ambiental ya que no se cuenta con los escurrimientos ambientales para estos tramos del cauce.

Concesiones

La **Tabla 154** y Figura 183 muestra el volumen de concesión, la extracción y déficit promedio, así como la extracción mínima en las cuentas Baseline Run y Scenari II.C.2, para los distritos de riego seleccionados.

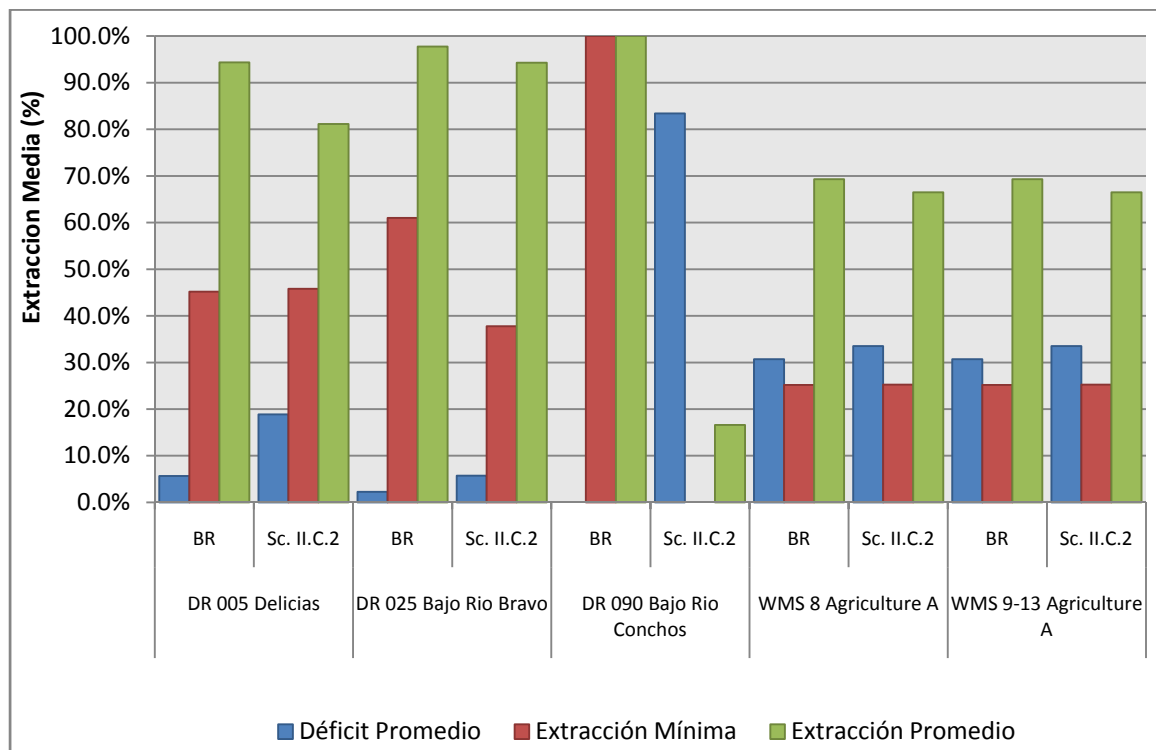


Figura 183. Extracción y déficit promedio para los distritos de riego, Escenario II.C.2.

Tabla 154. Volumen de concesión, extracción y déficit promedio para los distritos de riego, Escenario II.C.2.

Distrito de Riego	Cuenta	Concesión (hm ³ /año)	Extracción Promedio (%)	Déficit Promedio (%)	Extracción Mínima (%)
DR 005 Delicias	BR	906.1	94.3%	5.7%	45%
	Sc. II.C.2	673.0	81.1%	18.9%	46%
DR 025 Bajo Rio Bravo	BR	861.0	98%	2%	61%
	Sc. II.C.2	861.0	94%	6%	38%
DR 090 Bajo Rio Conchos	BR	85.0	100%	0%	100%
	Sc. II.C.2	85.0	17%	83%	0%
WMS 8 Agriculture A	BR	374.3	69%	31%	25%
	Sc. II.C.2	374.3	66%	34%	25%
WMS 9-13 Agriculture A	BR	1427.2	69%	31%	25%
	Sc. II.C.2	1427.2	66%	34%	25%

La Tabla 155 y Figura 184 muestra el volumen de concesión, la extracción y déficit promedio, así como la extracción mínima en las cuentas Baseline Run y Scenario II.C.2, para los usos Público-Urbano seleccionados.

Tabla 155. Volumen de concesión, extracción y déficit promedio para los usos Público-Urbano, Escenario II.C.2.

Uso Público Urbano	Cuenta	Concesión (hm ³ /año)	Extracción Promedio (%)	Déficit Promedio (%)	Extracción Mínima (%)
Matamoros	BR	48.0	100%	0%	100%
	Sc. II.C.2	48.0	100%	0%	100%
Nuevo Laredo	BR	36.1	100%	0%	100%
	Sc. II.C.2	36.1	100%	0%	100%
Piedras Negras	BR	36.0	100%	0%	100%
	Sc. II.C.2	36.0	100%	0%	100%
Reynosa	BR	67.0	100%	0%	100%
	Sc. II.C.2	67.0	100%	0%	100%
Brownsville	BR	85.5	100%	0%	100%
	Sc. II.C.2	85.5	100%	0%	100%
Eagle Pass	BR	9.5	100%	0%	100%
	Sc. II.C.2	9.5	100%	0%	100%
Laredo	BR	57.0	100%	0%	100%
	Sc. II.C.2	57.0	100%	0%	100%
McAllen	BR	0.8	100%	0%	100%
	Sc. II.C.2	0.8	100%	0%	100%
WMS 9-13 Municipal	BR	201.5	100%	0%	100%
	Sc. II.C.2	201.5	100%	0%	100%

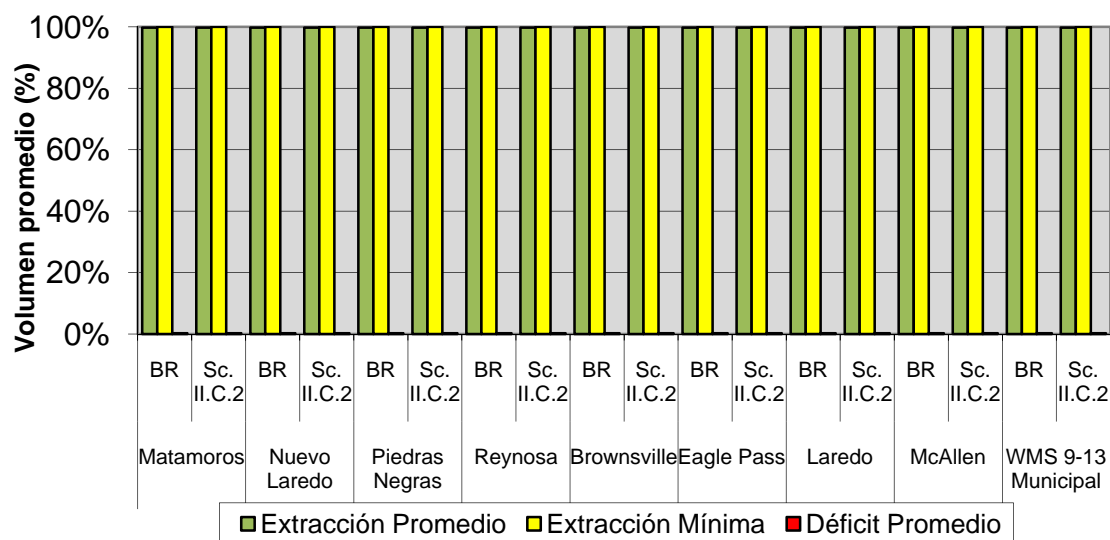


Figura 184. Extracción y déficit promedio para los usos Público -Urbano, Escenario II.C.2.

El almacenamiento de las medidas de conservación del agua en la cuenca del Río Conchos, su envío anual a la presa Luís L. León y el envío de estos volúmenes ahorrados a las obligaciones del tratado en épocas de sequía perjudican a los distritos de riego DR-005 Delicias, DR-025 Bajo Río Bravo, DR-090 Bajo Río Conchos, WMS 8 Agriculture A y WMS 9-13 Agriculture A, ya que su extracción promedio presento una disminución de 94.3 a 81.1%, de 98 a 94%, de **100% a 17%**, de 69 a 66% y de 69 a 66% respectivamente, con respecto al escenario de referencia.

Estos resultados muestran que el envío anual y almacenamiento de los volúmenes ahorrados a la presa Luís L. León, perjudican la extracción promedio de todos los distritos de riego, principalmente de los distritos de riego DR-005 Delicias y DR-090 Bajo Río Conchos. El distrito de riego que presento una mayor afectación fue el DR-090 Bajo Río Conchos, ya que debido al almacenamiento de los volúmenes ahorrados en la presa Luís L. León, se presento una menor disponibilidad de agua superficial en esta presa. Por otra parte, debido a las medidas de conservación del agua en la cuenca del Río Conchos se presento un fuerte abatimiento del almacenamiento del acuífero Meoqui, el cual, repercutió en una menor extracción promedio de esta fuente de abastecimiento para el DR-005 Delicias.

Los usos Publico-Urbano no se vieron afectados por las medidas de conservación del agua en la cuenca del Río Conchos, presentando todos una extracción del 100%.

Tratado

La Tabla 156 y Figura 185 muestra el volumen medio anual, mínimo y máximo con respecto al volumen medio anual (431.721 hm³/año) destinado al cumplimiento del

tratado de 1944 en las cuentas Baseline Run y Scenario II.C.2 para los Ríos Conchos, San Diego, San Rodrigo, Escondido, Salado y Arroyo Las Vacas.

Tabla 156. Volumen promedio, mínimo, máximo destinado al cumplimiento del tratado de los ríos establecidos en el tratado de 1944, Escenario II.C.2.

Esgurrimiento	Escenario	Esgurrimiento				Desviación Estándar (hm³/año)
		Promedio		Mínimo (%)	Máximo (%)	
		(hm³/año)	(%)			
Arroyo Las Vacas	BR	6.4	1%	0%	7%	4.7
	Sc. II.C.2	6.4	1%	0%	7%	4.7
Río Conchos	BR	357.4	83%	14%	316%	205.1
	Sc. II.C.2	397.1	92%	22%	327%	213.3
Río Escondido	BR	31.0	7%	0%	19%	21.6
	Sc. II.C.2	31.0	7%	0%	19%	21.0
Río Salado	BR	108.3	25%	3%	134%	123.8
	Sc. II.C.2	108.3	24%	3%	134%	113.9
Río San Diego	BR	73.1	17%	7%	40%	36.3
	Sc. II.C.2	73.1	17%	7%	40%	35.6
Río San Rodrigo	BR	49.6	11%	1%	68%	49.7
	Sc. II.C.2	49.6	11%	1%	68%	49.4
Obligaciones del Tratado	BR	625.8	145%	62%	371%	298.2
	Sc. II.C.2	657.0	152%	59%	382%	296.0

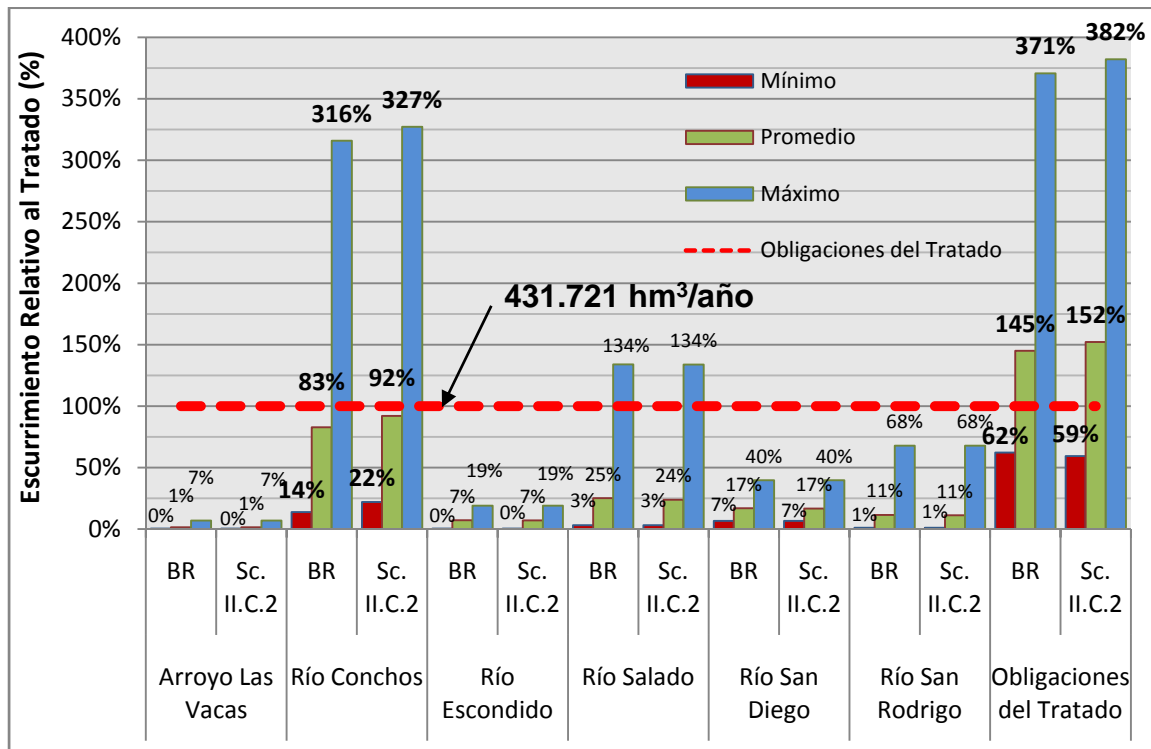


Figura 185. Volumen promedio, mínimo y máximo destinado al cumplimiento del tratado de los ríos establecidos en el tratado de 1944, Escenario II.C.2.

De los resultados presentados en la Tabla 156 y Figura 185 se puede apreciar que para las obligaciones del tratado, el Río Conchos presento un incremento en su volumen promedio anual destinado al tratado, pasando del 83 al 92%, con respecto al volumen promedio anual comprometido por concepto del tratado que es de 431.721 hm³/año. De igual forma, el volumen mínimo y máximo se incremento del 14 a 22% y del 316 a 327%, respectivamente. Los resultados anteriores indican que el envío anual de los volúmenes ahorrados a las obligaciones del tratado incrementan de forma sustancial el cumplimiento de las obligaciones del tratado.

La **Tabla 157** muestra un comparativo de los volúmenes de agua entregados por concepto de tratado para el escenario de referencia Baseline Run y el Escenario II.C.2. Estos resultados muestran que para el tercer ciclo del tratado (1950-1955), en la cuenta de referencia Baseline Run se presento un déficit para las obligaciones del tratado de 677.7 hm³, el cual en el Escenario II.C.2 se disminuyo a 438.4 hm³. En el 12 ciclo (1995-2000) se presento un déficit para las obligaciones del tratado en la cuenta de referencia Baseline Run de 488.9 hm³, el cual se disminuyo en el Escenario II.C.2 a 313.8 hm³.

Tabla 157. Volumen de agua entregado por concepto de obligaciones del tratado, Escenario II.C.2.

Ciclo	Periodo	Duración (Años)	Volumen Comprometido (hm ³)	Baseline Run		Escenario II.C.2	
				Entregado	Diferencia	Entregado	Diferencia
				(hm ³)	(hm ³)	(hm ³)	(hm ³)
1	1940-1945	5	2159	2997.4	838.4	3140.1	981.1
2	1945-1950	5	2159	2462.5	303.5	2700.7	541.7
3	1950-1955	5	2159	1481.3	-677.7	1720.6	-438.4
4	1955-1960	5	2159	3322.0	1163.0	3478.6	1319.6
5	1960-1965	5	2159	2449.8	290.8	2597.3	438.3
6	1965-1970	5	2159	3110.1	951.1	3345.9	1186.9
7	1970-1975	5	2159	4253.7	2094.7	3927.6	1768.6
8	1975-1980	5	2159	4251.5	2092.5	4456.9	2297.9
9	1980-1985	5	2159	3403.0	1244.0	3716.5	1557.5
10	1985-1990	5	2159	3965.5	1806.5	4147.3	1988.3
11	1990-1995	5	2159	4167.5	2008.5	4340.7	2181.7
12	1995-2000	5	2159	1670.1	-488.9	1845.2	-313.8

Acuífero Meoqui

La Tabla 158 y Figura 186 muestran un comparativo entre las cuentas Baseline Run y Scenarior II.C.2 del volumen mensual promedio del acuífero Meoqui-Delicias. Todos los porcentajes son calculados con respecto al volumen medio mensual de la cuenta Baseline Run. Al final del periodo de análisis, el almacenamiento del acuífero Meoqui para la cuenta Baseline Run y Scenarior II.C.2 fue de 59.47 hm³ y de 3.42 hm³ respectivamente.

Tabla 158. Almacenamiento medio mensual del acuífero Meoqui, Escenario II.C.2.

Mes	Media			
	Baseline Run		Escenario II.C.2	
	(hm ³)	(%)	(hm ³)	(%)
Oct	214.1	90%	22.6	9%
Nov	246.1	103%	53.6	22%
Dic	279.3	117%	85.6	36%
Ene	282.6	118%	77.0	32%
Feb	285.6	120%	68.1	29%
Mar	266.9	112%	29.4	12%
Abr	245.6	103%	24.3	10%
May	236.7	99%	21.7	9%
Jun	217.0	91%	20.9	9%
Jul	198.2	83%	19.2	8%
Ago	192.0	80%	17.0	7%
Sep	200.7	84%	15.9	7%
Media	238.7	100%	37.9	16%

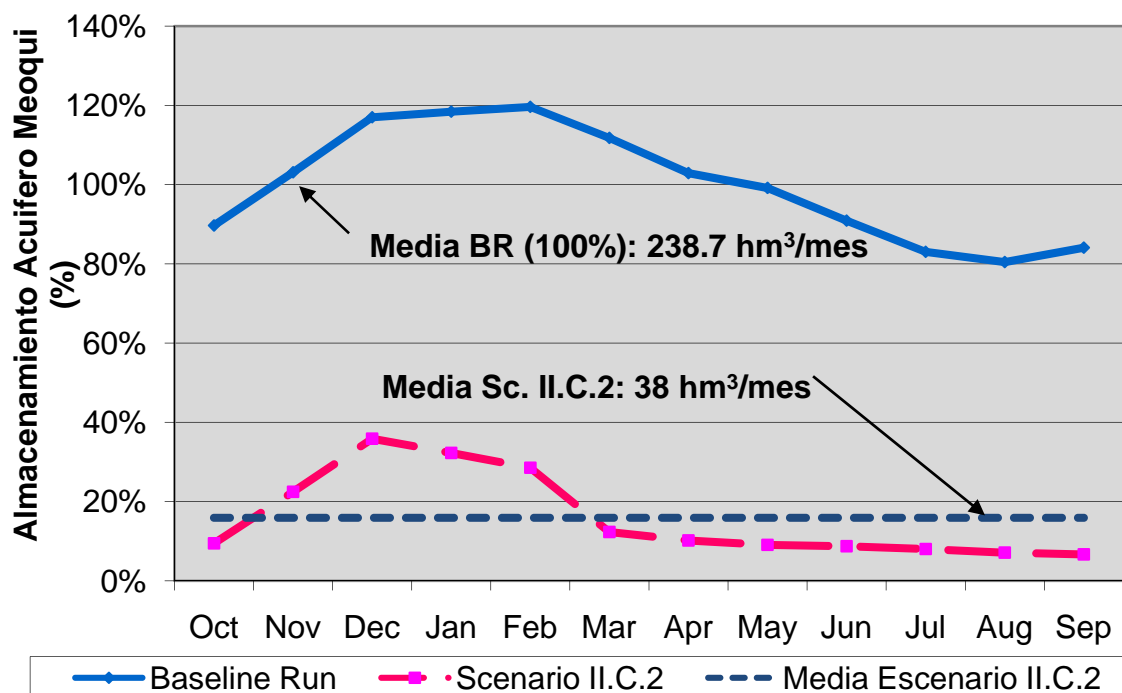


Figura 186. Almacenamiento mensual medio del acuífero Meoqui, Escenario II.C.2

La Figura 187 muestra el almacenamiento registrado para las cuentas Baseline Run y Escenario II.C.2 del acuífero Meoqui. Como se puede apreciar, debido a las medidas de conservación del agua, se presentó una dramática reducción en el almacenamiento del acuífero Meoqui, en comparación con la cuenta de referencia Baseline Run, ya que una menor cantidad de agua se infiltra, proveniente de los canales y redes de distribución.

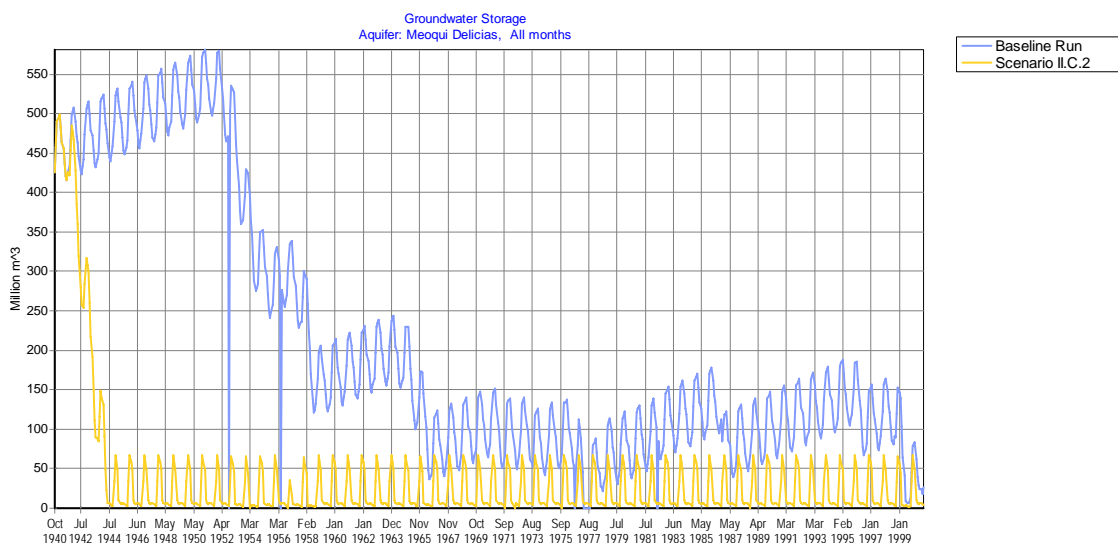


Figura 187. Comparativo del almacenamiento del Acuífero Meoqui, Escenario II.C.2.

La Figura 187 muestra la dependencia del acuífero Meoqui a los volúmenes de recarga provenientes de la infiltración de agua debido a la conducción en los canales. Estos resultados están basados de acuerdo a los porcentajes de infiltración y evaporación propuestos en el Escenario II.A.1 sección “*Descripción del modelo de simulación previo a la tecnificación y modernización.*” y Escenario II.A.1.a sección “*Simulación de las medidas de conservación de agua mediante el proyecto de tecnificación y modernización del DR-005 establecido en el Acta 309*”. **Es necesaria una investigación a detalle de los porcentajes de evaporación e infiltración propuestos para la validación de estos resultados.**

Criterios de desempeño

Para los distritos de riego que presentaron una confiabilidad menor al 100%, se calcularon los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo para cada una de estas concesiones. Para los usos Público Urbanos no es posible calcular los índices de resiliencia y vulnerabilidad ya que presentaron una extracción promedio y confiabilidad del 100%. La Tabla 159 y Figura 188 muestran la confiabilidad para los distritos de riego. La Tabla 160 y Figura 189 muestran la confiabilidad para los usos Público-Urbanos.

Tabla 159. Confiabilidad para distritos de riego, Escenario II.C.2

Distrito de Riego	Concesión ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Confiabilidad (%)	
		Baseline Run	Escenario II.C.2
DR-005 Delicias	906.07/673.01	76.5	38.9
DR-025 Bajo Rio Bravo	861.0	97.4	92.8
DR-090 Bajo Rio Conchos	85.0	100.0	2.6
WMS 8 Agriculture A	374.3	22.5	19.6
WMS 9-13 Agriculture A	1427.2	22.5	19.6

Tabla 160. Confiabilidad para usos público-urbanos, Escenario II.C.2

Uso Público-Urbano	Concesión (hm ³ /año)	Confiabilidad (%)	
		Baseline Run	Escenario II.C.2
Matamoros	48.0	100.0	100.0
Nuevo Laredo	36.1	100.0	100.0
Piedras Negras	36.0	100.0	100.0
Reynosa	67.0	100.0	100.0
Brownsville	51.5	100.0	100.0
Eagle Pass	9.5	100.0	100.0
Laredo	52.7	100.0	100.0
McAllen	0.8	100.0	100.0
WMS 9-13 Municipal	201.5	100.0	100.0

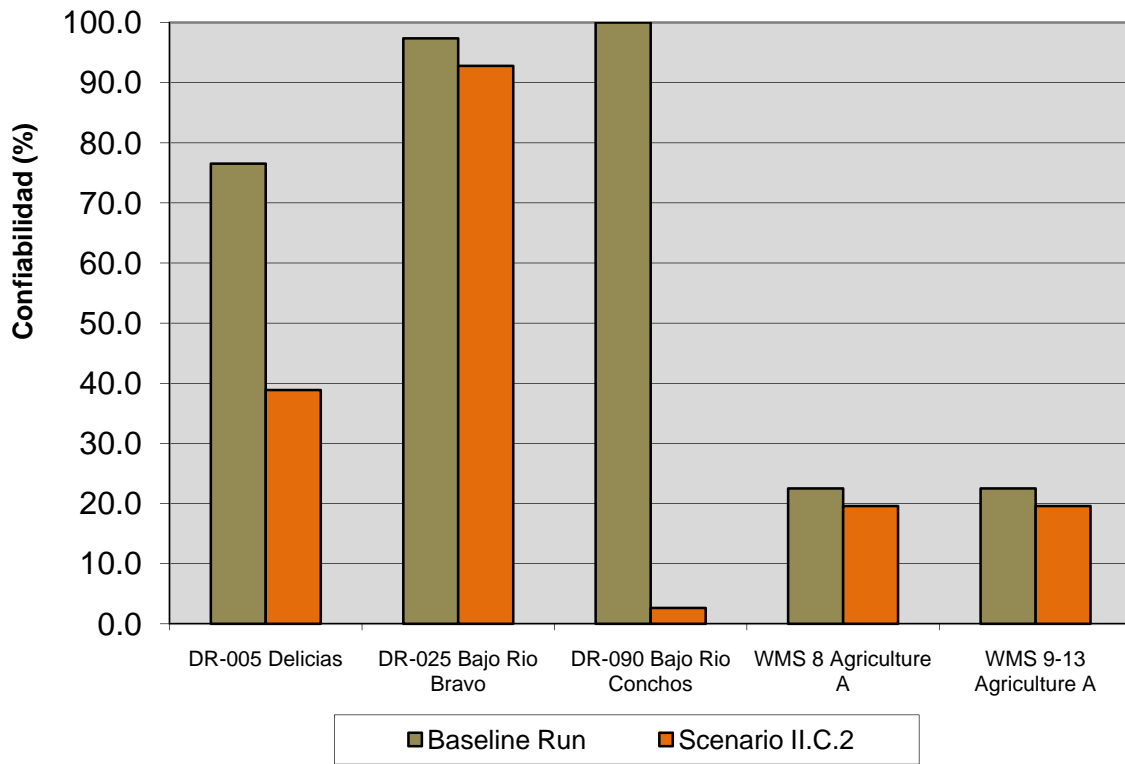


Figura 188. Confiabilidad para distritos de riego, Escenario II.C.2

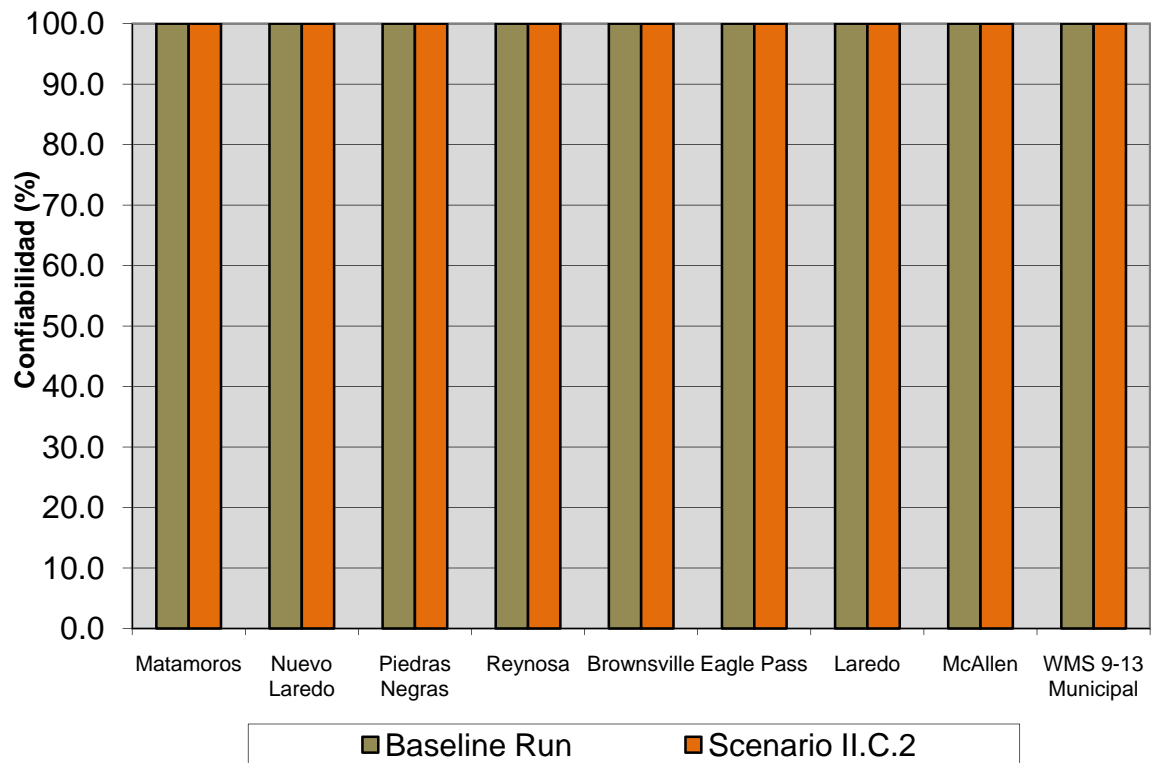


Figura 189. Confiabilidad para usos Público-Urbanos, Escenario II.C.2

La Tabla 161 y Figura 190 muestran los índices de resiliencia, vulnerabilidad y déficit máximo experimentado para los distritos de riego.

Tabla 161. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y déficit máximo para los distritos de riego que presentaron déficit en su extracción, cuenta Escenario II.C.2.

	DR-005		DR-025		DR-090		WMS 8 "A"		WMS 9-13 "A"	
	BR	II.C.2	BR	II.C.2	BR	II.C.2	BR	II.C.2	BR	II.C.2
Total de periodos	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
Periodos con Déficit	169	487	20	52	0	708	554	584	554	584
Confiabilidad (%)	77%	32%	97.2%	92.8%	1	2%	23%	19%	23%	19%
Periodos regresando de un déficit	6	69	5	14	0	0	15	16	15	16
Resiliencia (%)	4%	14%	25%	27%	N/A	0%	3%	3%	3%	3%
Volumen de déficit (hm ³)	2913	6480	967	2536	0	4240	6866	7346	26183	28015
Vulnerabilidad* (%Concesión/mes)	2%	1%	6%	6%	N/A	2%	3%	3%	49%	50%
Déficit Máximo* (%Concesión)	7%	3%	14%	15%	N/A	11%	10%	10%	10%	10%
Concesión (hm³/año)	906	906	861	861	85	85	374	374	1427	1427

* Porcentajes obtenidos con respecto al volumen de concesión¹.

N/A.- No Aplica.

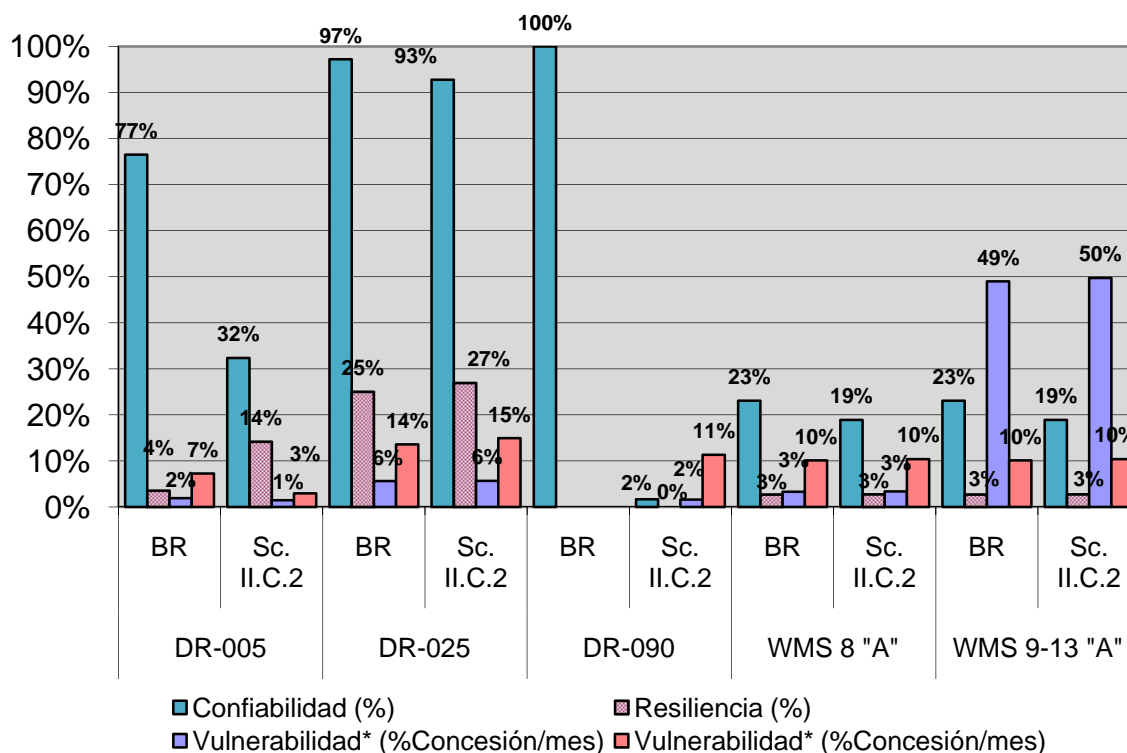


Figura 190. Confiabilidad, Resiliencia, Vulnerabilidad y Déficit Máximo para los distritos de riego que presentaron déficit en su extracción, cuenta Escenario II.C.2.

De estos resultados se puede observar que todos los distritos de riego que presentaron una disminución en su confiabilidad son principalmente el DR-005 Delicias y el DR-090 Bajo Río Conchos, los cuales su confiabilidad se redujo del 77 al 32% y del 100 al 2% respectivamente, debido a que los volúmenes ahorrados por la aplicación de las medidas de conservación del agua fueron asignados a las obligaciones del tratado y almacenados en la presa Luís L. León. Los distritos de riego DR-025 Bajo Río Bravo, WMS 8 Agriculture "A" y WMS 9-13 Agriculture "A" presentaron una disminución de de 97.2 a 92.8%, de 23 a 19% y de 23 a 19%, respectivamente.

Presas

La Tabla 162 muestra el Almacenamiento medio mensual, mínimo y máximo para las presas seleccionadas. La Figura 191 muestra estos resultados como porcentaje del NAMO de cada una de las presas.

Todas las presas presentaron un incremento en el almacenamiento medio. Las presas La Boquilla, F. Madero. Luís L. León, Amistad y Falcon presentaron un incremento en su almacenamiento medio, pasando de 59 a 68%, de 58 a 66%, de 108 a 113%, de 87 a 92% y de 82% a 86% respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa.

Tabla 162. Comparativo del Almacenamiento Medio Mensual, Almacenamiento Mínimo y Máximo para la presas La Boquilla, F. Madero, Luís L. León, Amistad y Falcon, cuenta Escenario II.C.2.

Presa	Cuenta	NAMO (hm ³)	Media (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
Amistad	BR	3887	87%	36%	116%
	Sc. II.C.2		92%	49%	116%
F. Madero	BR	348	58%	9%	100%
	Sc. II.C.2		66%	6%	100%
Falcon	BR	3273	82%	35%	107%
	Sc. II.C.2		86%	47%	107%
La Boquilla	BR	2903	59%	9%	100%
	Sc. II.C.2		68%	20%	100%
Luis L. León	BR	356	108%	52%	140%
	Sc. II.C.2		113%	49%	140%

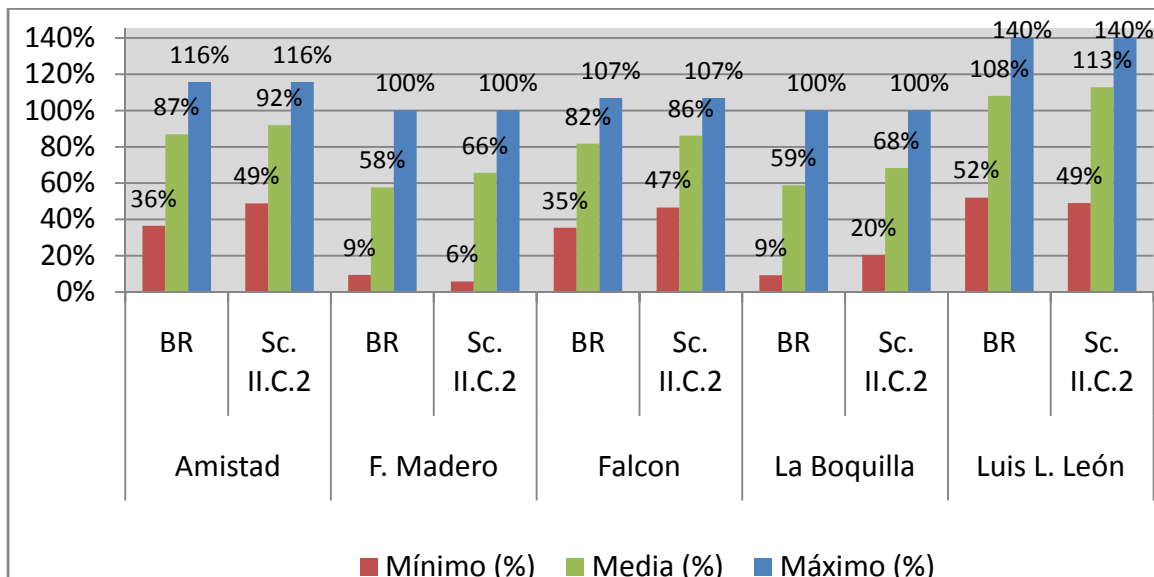


Figura 191. Comparativo del Almacenamiento Medio Mensual y Máximo para la presas La Boquilla, F. Madero, Luís L. León, Amistad y Falcon, Escenario II.C.2.

Debido a que las medidas de conservación del agua son enviadas al Río Bravo/Grande, todas las presas presentaron un incremento en su almacenamiento. La Figura 192, Figura 193 y Figura 194 muestran el comparativo del almacenamiento entre el escenario de referencia Baseline Run y el Escenario II.C.2 de las presas La Boquilla, F. Madero y Luís L. León. A su vez, también se muestran los ahorros de agua almacenados en cada presa debido a las medidas de conservación de agua propuestas en el Acta 309.

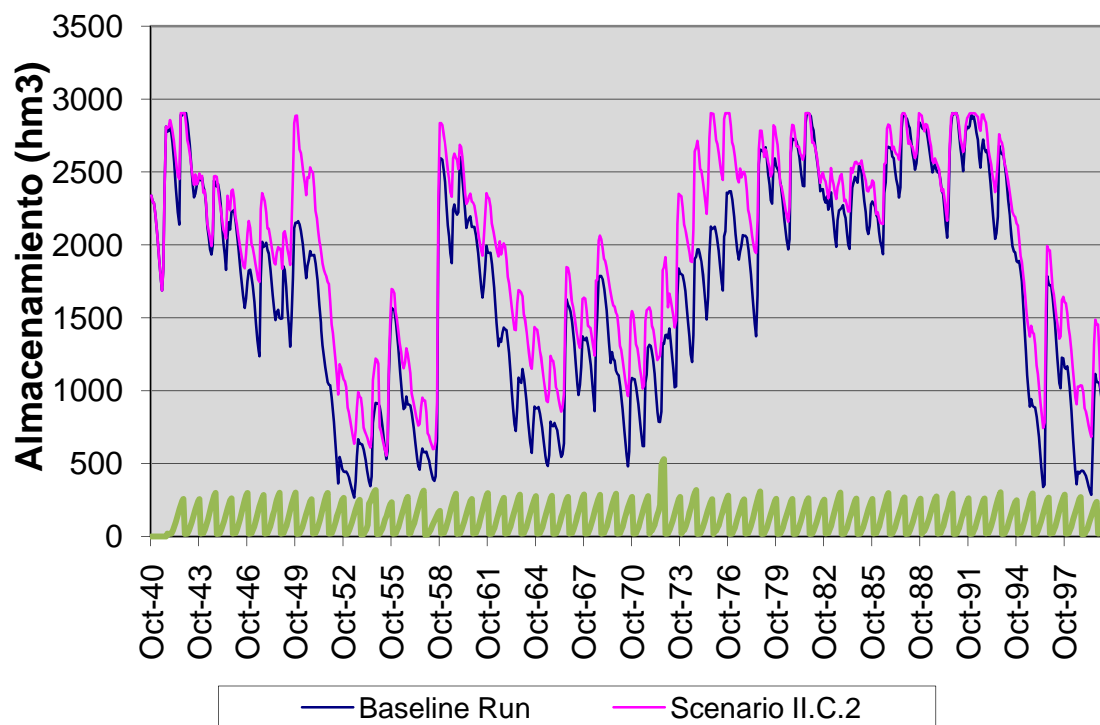


Figura 192. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa La Boquilla, Baseline Run Vs. Escenario II.C.2.

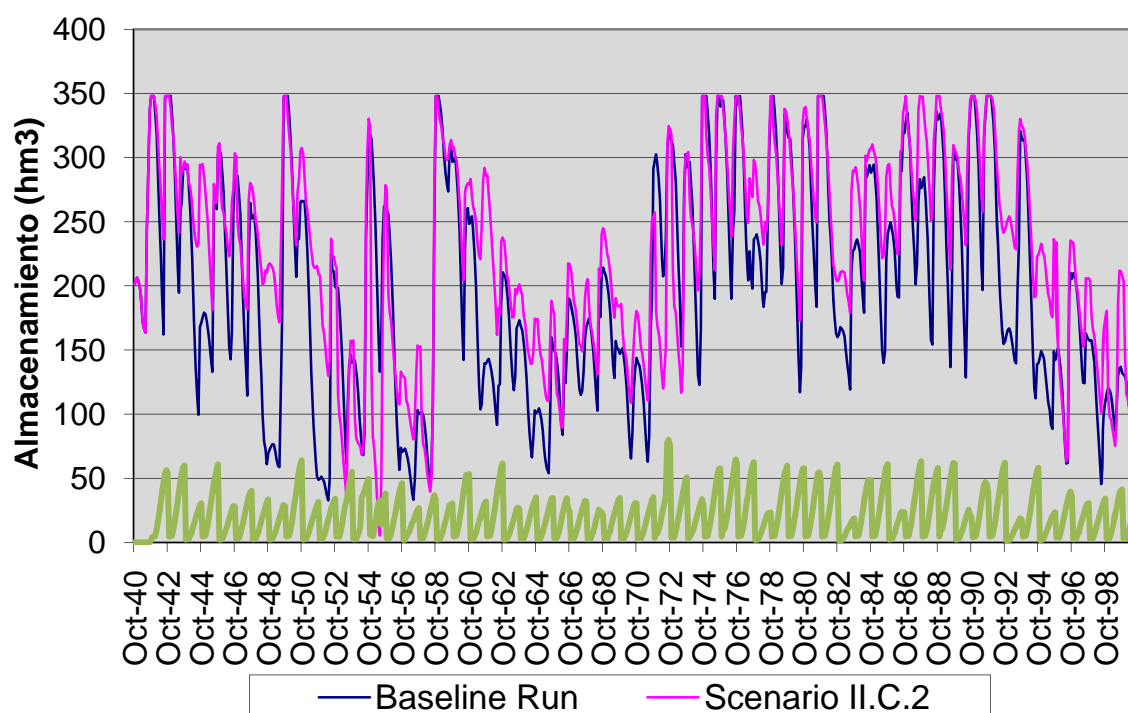


Figura 193. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa F. Madero, Baseline Run Vs. Escenario II.C.2.

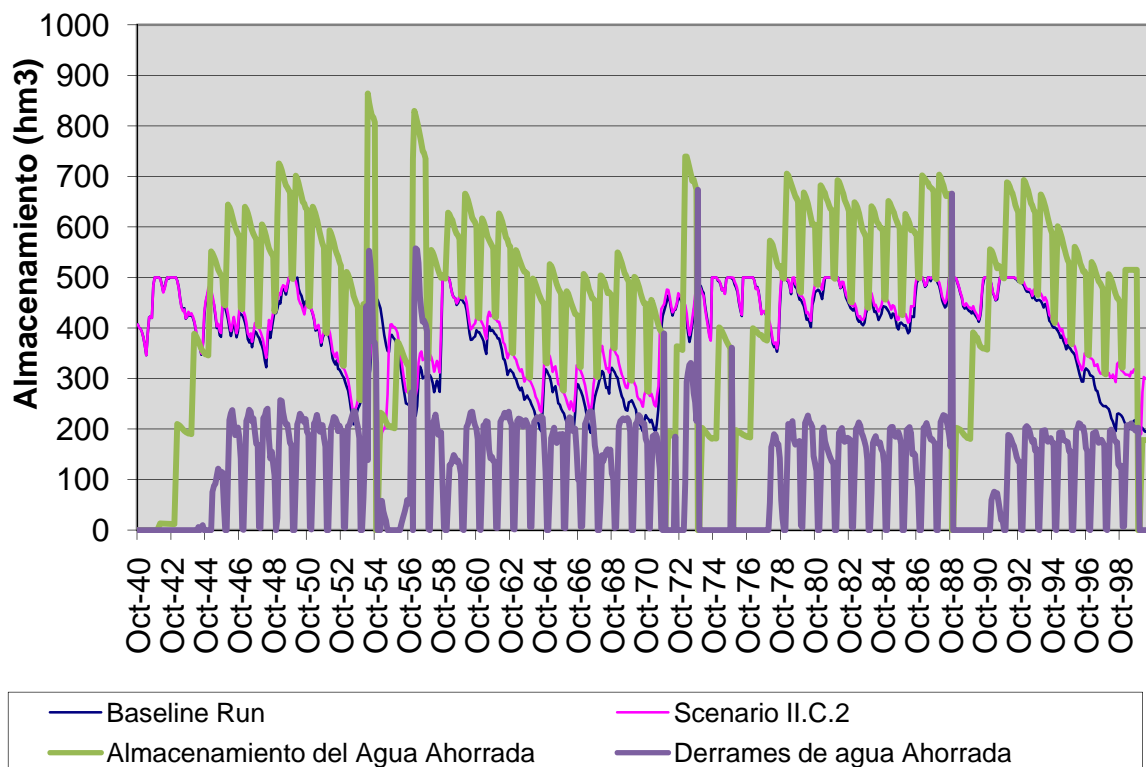


Figura 194. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Luís L. León, Baseline Run Vs. Escenario II.C.2.

El almacenamiento en las presas Amistad, Falcon y Luís L. León no presentan cambios significativos en su almacenamiento, como se muestra en la, Figura 195 y Figura 196, respectivamente.

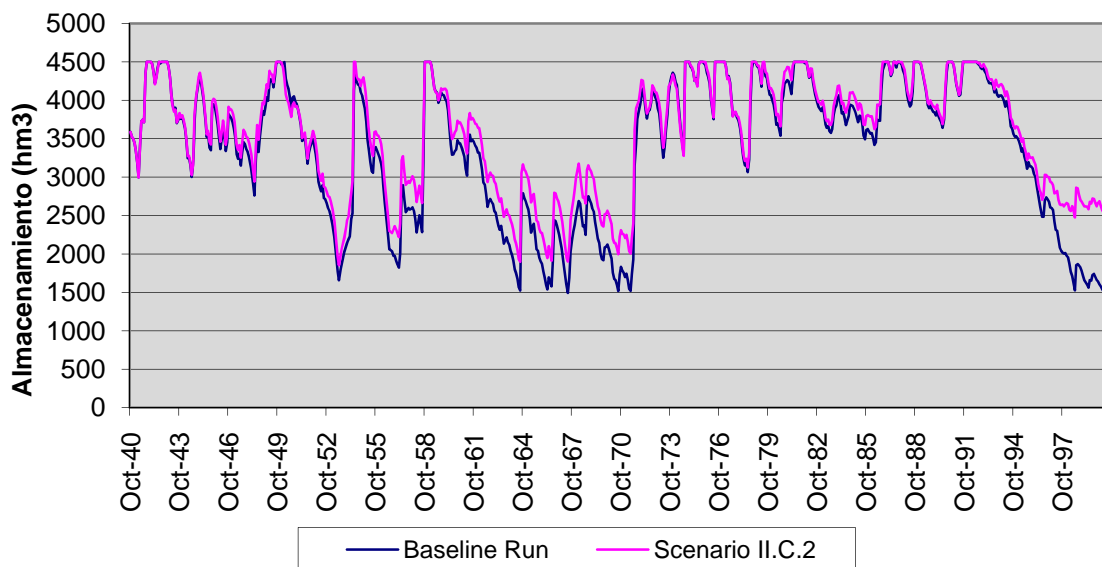


Figura 195. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Amistad, Baseline Run Vs. Escenario II.C.2.

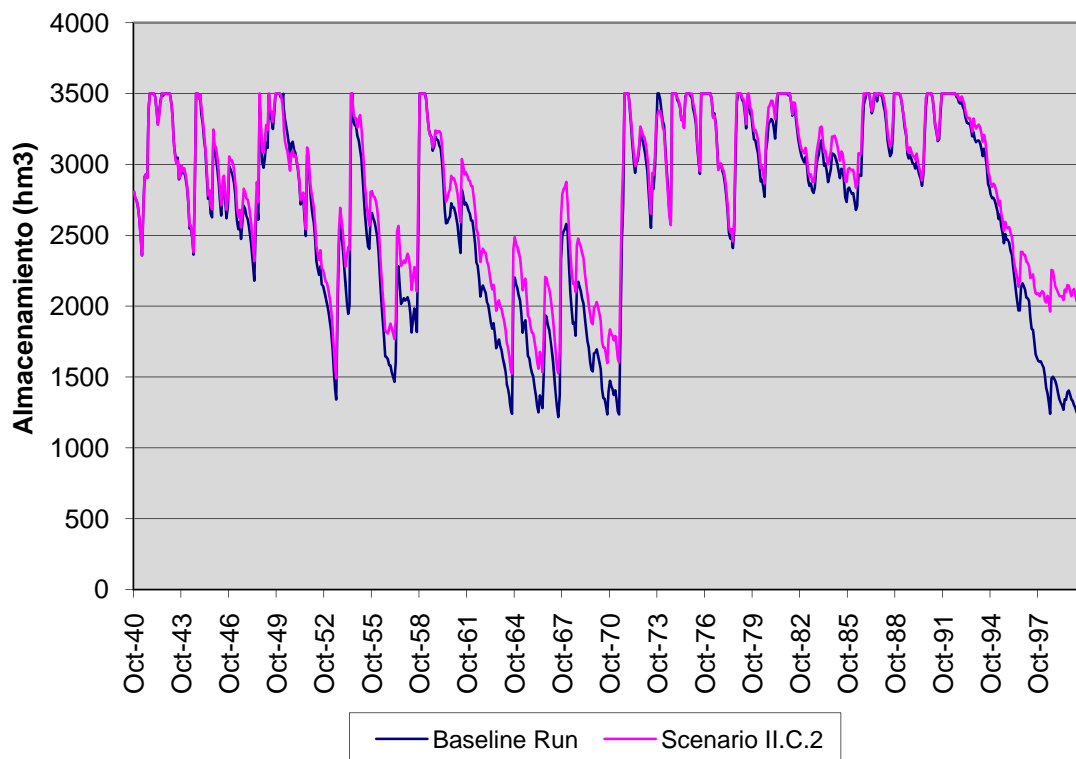


Figura 196. Comparativo del Almacenamiento registrado para la presa Falcon, Baseline Run Vs. Escenario II.C.2.

Evaluación del agua ahorrada debido a las medidas de conservación del agua y su envío y almacenamiento a la presa Luís L. León.

La **Figura 197** muestra el almacenamiento propuesto al principio del año hidrológico, el almacenamiento real y el almacenamiento de los ahorros en las presas La Boquilla y F. Madero. El almacenamiento propuesto al principio del año hidrológico está en función del volumen de extracción de las presas La Boquilla y F. Madero el cual a su vez, está en función del almacenamiento disponible en las presas para abastecer al DR-005 Delicias. El volumen inicial propuesto es calculado de acuerdo a lo establecido en el Acta 309. El volumen de ahorro real considera los volúmenes de evaporación perdidos debido al almacenamiento en presas. La Figura 197 también muestra el almacenamiento en las presas La Boquilla y F. Madero de los volúmenes ahorrados.

La Tabla 163 muestra el resumen de los volúmenes ahorrados en el Escenario II.C.2. **En promedio, el ahorro inicial propuesto al principio del año hidrológico es de 338.7 hm³.** Este valor contrasta con el ahorro máximo propuesto de 343 hm³/año. Además, **el ahorro real promedio es de 315.8 hm³/año.** Realizando una relación entre el volumen inicial propuesto con el volumen real ahorrado nos da un cociente de 0.9324, es decir, **en promedio solo el 93.24% del agua inicial propuesta es ahorrada en la realidad,** debido a las pérdidas por evaporación que se presentan en las presas La Boquilla y F. Madero. Además, en la presa **La Boquilla se almacena en promedio 274.5 hm³/año** del agua ahorrada, volumen que representa el 87% del agua real ahorrada por año (315.8

hm³/año). El almacenamiento del agua ahorrada en la presa La Boquilla se presenta en la **Figura 192**. En la presa **Francisco I. Madero se almacena en promedio 41.4 hm³/año**, volumen que representa el 13% del agua real ahorrada por año (315.8 hm³/año). El almacenamiento del agua ahorrada en la presa Francisco Madero se presenta en la Figura 193.

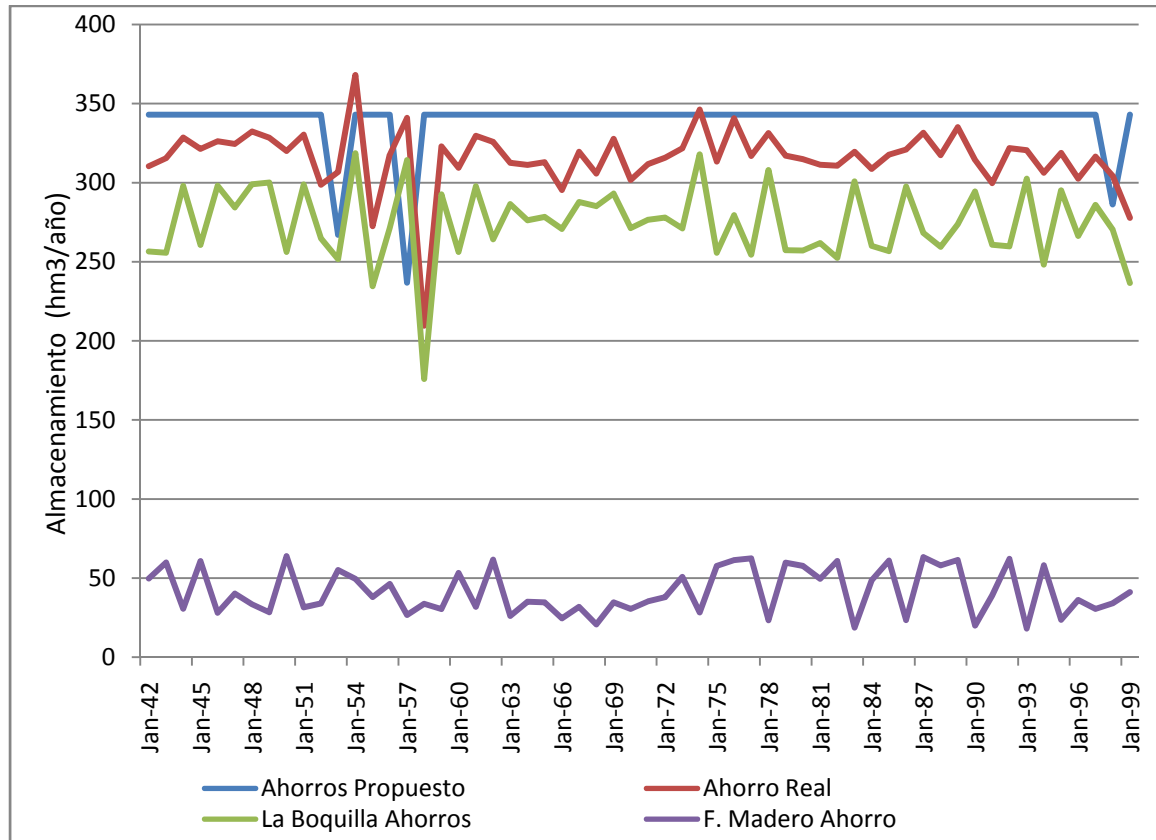


Figura 197. Almacenamiento de los volúmenes ahorrados debido a las medidas de conservación en las presas La Boquilla y F. Madero, Escenario II.C.2.

Tabla 163. Volúmenes promedio, mínimo y máximo de ahorros propuesto, real, ahorro en La Boquilla y F. Madero, Escenario II.C.2.

	Media		Mínimo (hm3/año)	Máximo (hm3/año)
	(hm3/año)	(%)		
Máximo Volumen Propuesto	343.0	N/A	N/A	N/A
Volumen inicial propuesto	338.7	N/A	236.7	343.0
Volumen Real Ahorrado	315.8	93%	209.6	368.1
Volumen Ahorrado en La Boquilla	274.5	87%	175.8	318.6
Volumen Ahorrado en F. Madero	41.4	13%	18.1	63.9

En lo referente al envío del agua ahorrada a la presa Luís L León, en promedio se presento un escurrimiento de entrada de los volúmenes ahorrados de 202.7 hm³/año, es

decir, de los 315.8 hm³/año que se ahorran en las presas La Boquilla y F. Madero, solo llegan a la presa Luís L. León 202.7 hm³ (64.2%) ya que 113.1 hm³/año de agua (35.8%) se pierden por concepto de perdidas por conducción, evaporación e infiltración (Tabla 164). La Figura 198 muestra el flujo de entrada anual a la presa Luís L. León de los volúmenes ahorrados en las presas La Boquilla y F. Madero.

Tabla 164. Análisis del agua ahorrada y enviada de las presas La Boquilla y F. Madero a la presa Luís L. León, Escenario II.C.2.

	Volumen	
	(hm3/año)	(%)
Escurrimiento de Salida de las presas La Boquilla y F. Madero.	315.8	--
Pérdidas por conducción	113.1	35.8%
Escurrimiento de Entrada a la presa Luís L. León	202.7	64.2%

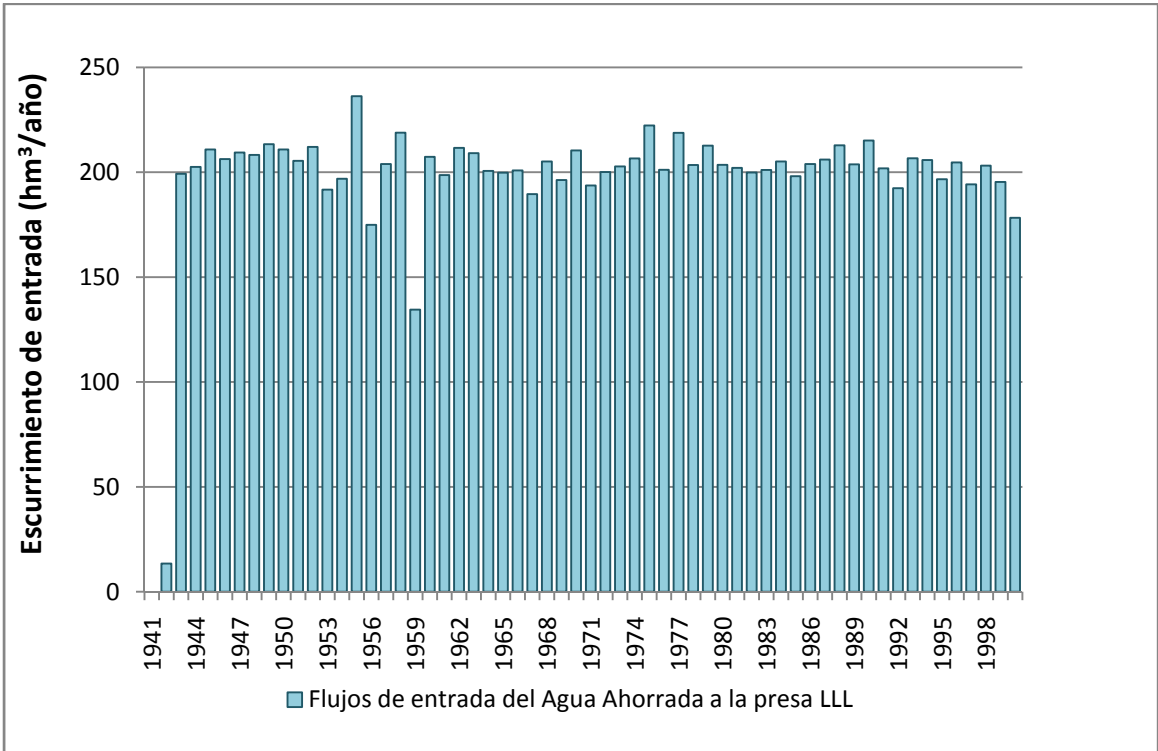


Figura 198. Escurreimiento de entrada de los volúmenes ahorrados a la presa Luís L. León, Escenario II.C.2.

Del escurreimiento de entrada a la presa Luís L. León (202.7 hm³), 38.6 hm³/año (19%) se perdieron por evaporación, 132.1 hm³/año (65.1%) se perdieron en derrames y tan solo 32.1 hm³/año (15.8%) pudieron ser almacenados en las presa Luís L. León (Tabla 165). En resumen, de un volumen real ahorrado de 315.8 hm³/año en las presas La Boquilla y F. Madero, solo se pudo ahorrar en la presa Luís L. León 32.1 hm³/año (10.1%).

Tabla 165. Análisis del agua ahorrada en la presa Luís L. León, Escenario II.C.2.

	Volumen	
	(hm ³ /año)	(%)
Escorrimento de Entrada a la presa Luís L. León	202.7	--
Pérdidas por Evaporación	38.6	19.0%
Pérdidas por derrame	132.0	65.1%
Agua ahorrada almacenada en Luís L. León	32.1	15.8%
		100.0%

La Figura 199 muestra una comparación del escurrimiento del Río Conchos al Río Bravo entre el escenario de referencia Baseline Run y el Escenario II.A.1.b. Debido al envío del agua a la confluencia del Río Conchos con el Bravo/Grande, se presentó un incremento promedio en el escurrimiento de **126.7 hm/año**, lo cual representa un incremento en las obligaciones del tratado de **42.2 hm/año**.

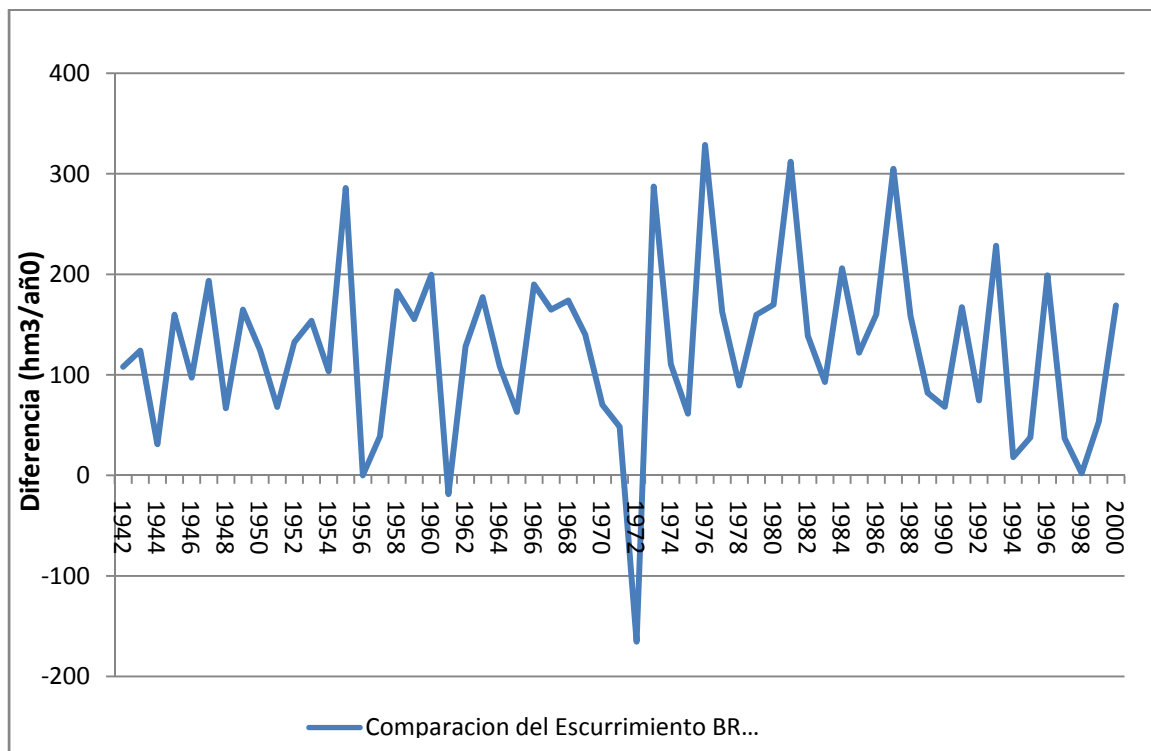


Figura 199. Comparativo del escurrimiento del Río Conchos al Río Bravo/Grande, Baseline Run Vs. Escenario II.A.1.b.

Conclusiones

En el presente escenario se evaluó los ahorros de agua debido a las medidas de conservación establecidas en el Acta 309 de la CILA/IBWC, su envío anual y almacenamiento en la presa Luís L. León y el envío del agua ahorrada a las obligaciones

del tratado en épocas de sequía. El periodo de sequía fue establecido como el periodo en el cual el déficit por concepto del tratado al final del cuarto año de un ciclo de 5 años sea mayor a 431 hm³. Se considero la estructura construida en el Escenario II.A.1 y II.A.1.b para evaluar los volúmenes ahorrados debido a la aplicación de las medidas de conservación. El envío anual del agua ahorrada debido a las medidas de conservación se considero en los meses de Diciembre y Enero, como lo establece el Acta 309. En general, las políticas de uso y administración del agua simulada en este escenario presentan efectos negativos, principalmente para el abastecimiento del DR-090 Bajo Río Conchos y del DR-005 Delicias.

El DR-090 Bajo Río Conchos presento una disminución drástica en su extracción promedio, pasando del 100% a tan solo un 17% y su confiabilidad se disminuyo del 100% a un 2.6%. Por su parte, el DR-005 Delicias presento una disminución en su extracción promedio, pasando del 94.3 a 81.1%, y su confiabilidad también se disminuyo del 76.5 al 38.9%, debido a que se presento un fuerte abatimiento del almacenamiento del acuífero Meoqui, el cual abastece de agua subterránea a este distrito de riego. Si bien es cierto que se presentaron volúmenes de almacenamiento en presas mayores a los observados en la cuenta de referencia Baseline Run, estos volúmenes de almacenamiento no pudieron ser aprovechados, ya que estos excedentes de almacenamiento están comprometidos a las obligaciones del tratado de acuerdo al Acta 309.

Por otra parte, el volumen de recarga del acuífero Meoqui se vio seriamente afectado, debido a que gran parte de las medidas de conservación del agua implican la disminución en las pérdidas por infiltración en canales, así como una mayor eficiencia en la aplicación del agua, presentando un total abatimiento del almacenamiento de este acuífero. Prácticamente, el acuífero Meoqui fue completamente vaciado, por lo que se presentaron déficits en el abastecimiento de agua subterránea para el DR-005 Delicias, los cuales, no pudieron ser cubiertos por el agua ahorrada en las presas, ya que esta agua fue enviada anualmente a la presa Luís L. León.

Debido al envío anual del agua a la presa Luís L. León, prácticamente todo el almacenamiento útil de esta presa fue ocupado por los volúmenes ahorrados, donde en su gran mayoría estos volúmenes fueron derramados, ya que la capacidad útil de esta presa no permite el almacenamiento de los volúmenes ahorrados. Debido a que en la presa Luís L. León se almacenaron los volúmenes de agua ahorrados, no existía almacenamiento útil para abastecer de agua al DR-090 Bajo Río Conchos, por lo que se presento una importante disminución en su extracción media y confiabilidad.

De la misma forma que en los escenarios II.A.1.a y II.A.1.b, los resultados muestran que las medidas de conservación del agua propuestas en el Acta 309 son bastante efectivas para el ahorro de agua superficial en las presas, aunque repercuten de forma sustancial en el almacenamiento de agua subterránea en los acuíferos. Los resultados del Escenario I.B.4 muestran la política integral de uso de agua subterránea y superficial. Debido a lo anterior, se recomienda una política integral de manejo de agua que contemple el uso de superficial y subterránea, para evitar el abatimiento total de los acuíferos y presas, como

la combinación de las medidas de conservación de agua y el banco de agua mostrado en el Escenario I.B.4.

Realizando un análisis de los ahorros de agua propuestos en el Acta 309 y los resultados obtenidos por el modelo, se estima que el ahorro inicial propuesto en promedio es del 98% (338.7 hm^3) del máximo volumen de ahorro de agua declarado en el Acta 309 ($343 \text{ hm}^3/\text{año}$). A su vez, del ahorro inicial promedio (338.7 hm^3) solo el 93% de esta agua es ahorrada y almacenada ($315.8 \text{ hm}^3/\text{año}$) en las presas La Boquilla (87%) y F. Madero (13%), debido a que en promedio el 7% se pierde por evaporación en las presas. Esta agua ahorrada fue enviada anualmente a la presa Luís L. León, en donde se presentó un escurrimiento de entrada de los volúmenes ahorrados de $202.7 \text{ hm}^3/\text{año}$ (65% del agua ahorrada en las presas La Boquilla y F. Madero). Del escurrimiento de entrada de los volúmenes ahorrados ($202.7 \text{ hm}^3/\text{año}$), el 19% se pierde por evaporación ($38.6 \text{ hm}^3/\text{año}$), el 65.1% se pierde por derrames ($132.1 \text{ hm}^3/\text{año}$) y tan solo el 15.8% ($32.1 \text{ hm}^3/\text{año}$) es almacenado en la presa Luís L. León. **En resumen, de un volumen real ahorrado de $315.8 \text{ hm}^3/\text{año}$ en las presas La Boquilla y F. Madero, solo se pudo ahorrar en la presa Luís L. León $32.1 \text{ hm}^3/\text{año}$ (10.1%).** Estos resultados contrastan con los obtenidos en los escenarios II.A.1.a y II.A.1.b, donde se almacena 236.3 y $311.2 \text{ hm}^3/\text{año}$. Por lo que es poco recomendable el almacenamiento de los volúmenes ahorrados debido a las medidas de conservación en la presa Luís L. León, ya que gran parte del agua ahorrada se pierde por derrames de la presa.

Debido al almacenamiento del agua ahorrada en la presa Luís L. León, el DR-090 Bajo Río Conchos presentó un déficit de agua superficial de 84.8% ($72.1 \text{ hm}^3/\text{año}$) con respecto al volumen de concesión de agua superficial que es de ($84.9 \text{ hm}^3/\text{año}$). Debido al abatimiento del almacenamiento del acuífero Meoqui, el DR-005 Delicias presentó un déficit promedio en el abastecimiento de aguas subterráneas del 58.7% ($110.8 \text{ hm}^3/\text{año}$) con respecto al volumen de concesión de agua subterránea ($189.0 \text{ hm}^3/\text{año}$). El déficit promedio de agua superficial es de 4.6% ($25.9 \text{ hm}^3/\text{año}$) con respecto al volumen de concesión de agua superficial ($564.9 \text{ hm}^3/\text{año}$). Debido a que el agua ahorrada en este escenario es enviada a las obligaciones del tratado, ninguno de estos déficits fue cubierto por el agua ahorrada.

Realizando un análisis de las obligaciones del tratado, a pesar que se presentó una disminución en los déficits de las obligaciones del tratado, estos déficits no pudieron ser eliminados o reducidos sustancialmente, como sucedió en el Escenario II.C.1 cuando se aplica el banco de agua para el cumplimiento de las obligaciones del tratado.

Esto indica que es poco recomendable el envío anual del agua ahorrada a la presa Luís L. León y su respectivo almacenamiento, ya que a pesar de que se incrementó en $42.2 \text{ hm}^3/\text{año}$ en promedio las aportaciones a las obligaciones del tratado, este volumen resultó poco significativo en periodos de sequía, cuando el agua adquiere mayor valor.

En conclusión, es poco recomendable el almacenamiento de los volúmenes ahorrados en la presa Luís L. León principalmente por dos razones. Primero, debido a la poca capacidad útil de la presa Luís L. León (457.5 hm^3), solo fue posible

almacenar el 10.5% del agua ahorrada en las presas La Boquilla y F. Madero, por lo que prácticamente el 89.5% restante se perdió en pérdidas por conducción y en derrames. Segundo, debido a la reducción de los coeficientes de infiltración en canales, el almacenamiento del acuífero Meoqui sufre un fuerte abatimiento, por lo que es probable que se presenten déficit en el abastecimiento de agua subterránea. Además, debido a que no se pudo almacenar el agua ahorrada en la presa Luís L. León, el envío de los volúmenes ahorrados disminuyó marginalmente los déficits en las obligaciones del tratado cuando se presentaron.

Los resultados de este escenario muestran que es necesaria una política de uso conjunta del agua superficial y del agua subterránea. Una investigación a detalle de las características hidrogeológicas del acuífero Meoqui es necesaria para un modelar con mayor precisión el impacto que tienen las políticas de conservación del agua en el acuífero Meoqui.

2. Conclusiones y recomendaciones

Escenario I.A

El escenario I.A evaluó la re-adquisición de forma permanente de derechos de agua utilizando el programa PADUA como parámetro para la simulación de esta política de re-adquisición. La re-adquisición de derechos de agua fue evaluada en los distritos de riego DR-005 Delicias y DR-090 Bajo Río Conchos.

En este escenario, el principal beneficiario de la re-adquisición de derechos de agua a través del programa PADUA es el DR-005 Delicias, ya que sufrió un incremento en su extracción media, extracción mínima y confiabilidad. Otro beneficio es el decremento en déficit. Por el contrario, el distrito de riego DR-025 Bajo Río Bravo y las concesiones WMS 8 “A” y WMS 9-13”A” sufrieron una pequeña disminución de su extracción media y confiabilidad. El DR-090 Bajo Conchos no presentó cambios en su extracción porque tiene una concesión pequeña y puede ser fácilmente abastecida por el volumen de retorno del DR-005 Delicias.

Basado en los resultados de los almacenamientos en presas, La Boquilla es la presa principal, que almacena el agua superficial ahorrada a través del programa PADUA. Bajo condiciones normales o húmedas, La Boquilla almacena la mayor cantidad de agua posible hasta que la presa alcanza el NAMO y se presentan los derrames. Bajo condiciones de sequía el agua ahorrada a través del programa PADUA es almacenada en las presas La Boquilla y F. Madero. Bajo estas circunstancias, el agua ahorrada tiene una importancia significativa para satisfacer los volúmenes de concesión. La presa Luís L. León y las presas Internacionales Amistad y Falcon no presentan respuesta significativa al agua ahorrada a través del programa PADUA en periodos normales; sin embargo, en épocas de sequía se aprecia un incremento en su almacenamiento. Se incrementaron las pérdidas por evaporación de las presas La Boquilla y F. Madero debido a que se tiene un

mayor almacenamiento en estas presas. Además, se presenta una disminución en el escurrimiento de entrada a la presa Luís L. León, debido a la disminución de la concesión y por ende del flujo de retorno del DR-005 Delicias. La capacidad de almacenamiento de la presa La Boquilla es el límite que restringe el almacenamiento del agua superficial ahorrada a través del programa PADUA. Bajo cualquier condición, el agua subterránea ahorrada es la misma en el acuífero Meoqui.

Para fines del tratado, la re-adquisición de derechos de agua incremento el escurrimiento medio, mínimo y máximo proveniente del Río Conchos.

El re-adquisición de derechos de agua a través del programa PADUA representa beneficios, tanto para los usuarios del agua como para el medio ambiente. Para los usuarios del agua, la compra de concesiones representa una mayor disponibilidad de agua en las presas que repercutirá en un incremento en la expectativa de abastecimiento. Para el medio ambiente, las corrientes tendrán agua por un mayor periodo de tiempo debido a que los volúmenes de concesión serán abastecidos por un periodo mayor; además, hay más agua disponible para ser asignada a flujos ambientales. Una desventaja es que debido al incremento del volumen de almacenamiento en las presas, las pérdidas por evaporación en estas se incrementan.

El modelo WEAP del Río Grande/Bravo es apropiado para la evaluación del impacto hidrofísico del programas de re-adquisición de derechos de agua, en este caso en particular la evaluación del PADUA, así como de sus beneficios. Con este modelo es posible no solo evaluar el impacto actual del programa PADUA, pero además hacer una comparación entre los diferentes registros históricos y pronosticados para el programa PADUA

Escenario I.B

El banqueo de agua subterránea por medio del método *in lieu* provee múltiples beneficios a la cuenca del Río Grande/Bravo. A pesar de que los niveles de almacenamiento en las presas La Boquilla, F. Madero y Luís L. León son menores que en el escenario de referencia Baseline Run, el banco de agua subterránea provee un incremento en la extracción promedio y confiabilidad para el DR-005 Delicias, así como un mayor escurrimiento mínimo del Río Conchos para las obligaciones del tratado. Además, debido a que se utiliza una mayor cantidad de agua superficial en periodos húmedos, existe una menor probabilidad de que derrames no controlados sucedan debido a que los niveles de agua en las presas son menores.

Bajo condiciones hidrológicas normales, es recomendable el uso del método *in lieu* para banqueo de agua cuando menos por dos años, cuando el método alcanza la factibilidad hidrológica (*cociente in lieu* = 1). A partir de este punto, una mayor cantidad de agua será banqueada en el acuífero que el decremento de agua sufrido en las presas. No es recomendable banquear agua bajo condiciones de sequía porque el *cociente in lieu* es menor a 1.

Al menos dos evaluaciones son necesarias al final de cada año hidrológico para decidir la aplicación del método de banqueo *In lieu* para el siguiente año. Primero la condición del almacenamiento de agua superficial debe ser establecida: p. ej. Normal ($Av_S \geq Diversion$), en estrés ($SW^{+Losses} \leq Av_S \leq Diversion$) o escasa ($Av_S < SW^{+Losses}$). Segundo, una evaluación de las condiciones hidrológicas de los escurrimiento debe llevarse acabo para determinar si el año precedente fue muy seco (VD), seco (D), normal (N), húmedo (W) o muy húmedo (VW). Estas dos evaluaciones nos permitirán decidir si el método *in lieu* se aplica para el siguiente año hidrológico o no. El método *In Lieu* es recomendado cuando la condición de almacenamiento es *Normal* y el año hidrológico previo fue normal o húmedo. En contraste, el método *in lieu* no es recomendado después de periodos de escurrimiento secos o muy secos porque el cociente *in lieu* es menor a 1. El método *in lieu* no es recomendado cuando las condiciones del almacenamiento en las presas es considerado como *en estrés* o *escasa* porque es probable que se presente un déficit en la extracción del DR-005 en el siguiente año hidrológico si las condiciones hidrológicas son secas o muy secas.

El Escenario **I.B.1** muestra los beneficios y la asignación del agua banqueada a usuarios aguas dentro de la cuenca del Río Conchos y aguas abajo de esta.

El *cociente in lieu* es un parámetro introducido en este escenario muy útil para comparar el agua banqueada con el decremento en los volúmenes de almacenamiento en presas. Para valores del *cociente in lieu* menores a uno, el sistema está perdiendo más agua superficial que la que se está ganando en el banco de agua subterránea. Bajo esta situación, no es recomendado el uso del método *in lieu*. Para un *cociente in lieu* igual a uno, el sistema está en equilibrio, lo que significa que el mismo volumen de agua perdido en los almacenamientos de agua superficial es el volumen de agua depositado en el banco de agua. Bajo esta condición, el sistema se convierte factible. Finalmente, si el *cociente in lieu* es mayor a uno, mas agua será depositada en el banco de agua subterránea que la perdida en los almacenamientos de agua superficial. Bajo esta condición se obtiene una ganancia de agua y el método *in lieu* se vuelve mucho más rentable.

En el presente escenario se considero que parte de las perdidas por conducción son consideradas como volúmenes de recarga al acuífero Meoqui, de acuerdo a los porcentajes establecido en el Escenario II.A.1. No obstante, es necesario una investigación a detalle para conocer las características geohidrológicas del Acuífero Meoqui.

Escenario I.B.1

La aplicación del Escenario I.B.1 beneficia de forma sustantiva al DR-005 Delicias, ya que bajo estas condiciones no presento déficit en su volumen de extracción en todo el periodo de análisis. Los distritos de riego DR-025 Bajo Río Bravo, WMS 8 Agriculture “A” y WMS 9-13 Agriculture “A” presentaron un ligero incremento en su extracción y en la confiabilidad de cada concesión, con respecto a la cuenta Baseline Run. De igual

forma, los usos Público-Urbanos no presentaron cambio alguno, presentando una extracción del 100%. La aplicación conjunta del banqueo de agua con la compra permanente de derechos de agua generan las condiciones para no afectar a los usuarios aguas abajo de donde se aplica esta política de uso del agua, teniendo como beneficio la disponibilidad de agua en el banco, que en el Escenario I.B.1 fue otorgado al DR-005 Delicias.

En lo referente a las obligaciones del tratado de 1944, el Río Conchos es el único afluente que se ve afectado por este escenario. Aunque el escurrimiento promedio anual fue disminuido con respecto al escenario de referencia Baseline Run; el escurrimiento mínimo anual experimentado en el Escenario I.B.1 fue mayor que en el escenario de referencia, debido a que se tiene una mayor disponibilidad de agua provocada por el banco de agua. A su vez, también se presentó una disminución en el volumen de escurrimiento máximo, lo que indica que una menor cantidad de agua será derramada cuando se presenten periodos húmedos. La combinación de estos tres resultados es positiva por sí misma, ya que el escurrimiento promedio se disminuyó muy poco, el escurrimiento mínimo se incrementó y el escurrimiento máximo se disminuyó, teniendo disponibilidad de agua debido al banco de agua subterránea.

En lo concerniente a los almacenamientos, las presas La Boquilla, Amistad y Falcon presentaron una disminución en su almacenamiento medio mensual. Esto representa que bajo condiciones normales se tiene en promedio una menor cantidad de agua almacenada. En época de sequía, se tiene el mismo volumen de agua en las presas y en periodos húmedos se tiene un menor nivel de agua en estas presas. La presa Luís L. León no presentó ningún cambio debido a la aplicación del banqueo de agua y la presa F. Madero presentó un incremento en su almacenamiento medio.

El acuífero Meoqui presentó un incremento en su almacenamiento de 1000% con respecto a la cuenta Baseline Run. Al final del periodo de análisis, el almacenamiento del acuífero Meoqui para la cuenta Scenarior I.A (4908.1 hm^3) fue mayor que en el escenario de referencia Baseline Run (59.4 hm^3), lo que representa un balance positivo del agua disponible del Escenario I.B.1 con respecto al Baseline Run. La cantidad de agua depositada en el banco de agua a lo largo del periodo de análisis fue de 7678.4 hm^3 , cantidad que representa un banqueo de agua durante 45 años y un depósito promedio de $170.6 \text{ hm}^3/\text{año}$; la cantidad de agua extraída de la cuenta del banco por el DR-005 Delicias fue de 3249.4 hm^3 , a lo largo de 14 años, con una extracción de $232.1 \text{ hm}^3/\text{año}$; por lo que se presentó un **saldo positivo en el banco de agua de 4429.1 hm^3** . Los resultados anteriores indican que la aplicación del Escenario I.B.1 por una parte no afecta las concesiones aguas abajo del DR-005 y por otra parte se tiene un saldo positivo en el banco de agua de 5282.4 hm^3 que puede ser utilizado para abastecer déficits en las extracciones de distritos de riego, usos público-urbanos u obligaciones del tratado aguas abajo del banco de agua.

Existe una diferencia importante entre la aplicación separada del programa PADUA y el método *in lieu* en comparación con su aplicación en conjunto, la cual es la reducción del umbral de factibilidad hidrológica de dos años a un año. Para la aplicación separada de

estas políticas es necesario esperar dos años para que el cociente in lieu iguale o exceda el valor de 1; Con la unión de ambas políticas, el sistema se vuelve hidrológicamente factible en el primer año de aplicación.

Más aun, ha sido estimada la cantidad de agua que necesita ser bombeada para abastecer a los distritos de riego, usos publico-urbanos y las obligaciones del tratado a través del parámetro Unidades de Agua Bombeada por Unidad de Agua Recibida (UAB por UAR); parámetro que considera las pérdidas por conducción. El UAB por UAR fue obtenido para derechos de agua en México y en Estados Unidos en la cuenca de Río Conchos y a lo largo del cauce del Río Grande/Bravo.

Para las obligaciones del tratado el UAB por UAR es de 5.6:1, lo que significa que 5.6 unidades de agua deberán ser bombeadas del acuífero Meoqui para que, en la confluencia del Río Conchos con el Río Bravo/Grande, lleguen 3 unidades de agua de las cuales, una unidad es destinada a las obligaciones del tratado. La máxima cantidad de agua bombeada por año en el acuífero Meoqui es de 188.959 hm^3 . Por lo tanto, la máxima cantidad de agua entregada al tratado es de 33.84 hm^3 , lo que representa el 7.83% de la obligación anual para el tratado ($431.721 \text{ hm}^3/\text{año}$).

Para las concesiones dentro de la cuenca del Río Conchos, el parámetro UAB por el UAR del DR-005 Delicias, Urderales Meoqui-Delicias, DR-090 Bajo Conchos, Urderales Bajo Conchos y la ciudad de Ojinaga es de 1.59, 1, 1.861, 1.861 y 1.772 respectivamente. Dentro de la cuenca del Río Conchos el uso de ambas políticas tiene mayor valor porque el agua no es compartida debido a las obligaciones del tratado.

Para las concesiones en México a lo largo del cauce Río Grande/Bravo, el parámetro UAB por UAR varía de 3.1 para el municipio de Acuña hasta 5.0 para el DR-025 Bajo Río Bravo localizado en la salida de la cuenca del Río Grande/Bravo. En el caso de las concesiones mexicanas, un incremento del 50% del agua enviada debe ser realizado debido a las reglas del tratado. Esto afecta la efectividad de esta política, porque una mayor cantidad de agua debe ser bombeada para abastecer a la concesión y a las obligaciones del tratado. Por el contrario, los derechos de agua de Estados Unidos a lo largo del cauce del Río Grande/Bravo pueden solicitar que el agua bombeada sea entregada en su totalidad para propósitos del tratado. De acuerdo a esto los usuarios de Estados Unidos se encuentran en una mejor posición que los usuarios de México.

Un acuerdo entre la CNA y el DR-005 Delicias debe llevarse a cabo para poner en práctica lo establecido en el Escenario I.B.1. Los usuarios del DR-005 Delicias, deben solicitar permiso a la CNA para interrumpir temporalmente su concesión de agua subterránea y utilizar a cambio agua superficial; mientras que la CNA debe asegurar la restitución de su concesión de agua subterránea en caso de sequía. La posibilidad de obtener una cantidad extra de agua del banco durante periodos de sequía puede estimular a los usuarios de agua subterránea para cambiarse a este método. En la LAN, no existe un marco legal para enviar agua a usuarios extranjeros, excepto por lo ya establecido en el tratado de 1944 entre México y Estados Unidos. Sin embargo, si existiera esa posibilidad, los usuarios de Estados Unidos deberían solicitar a la CNA agua del banco y la CNA

evaluaría la posibilidad de enviar el agua a estos usuarios. Además, la CNA, determinara el costo por el envío del agua.

Se debe de seguir el mismo procedimiento que en el Escenario I.B para decidir si la combinación de ambas políticas debe aplicarse para el siguiente año hidrológico. Primero la condición del almacenamiento de agua superficial debe ser establecida: p. ej. Normal ($Av_S \geq Diversion$), en estrés ($SW^{+Losses} \leq Av_S \leq Diversion$) o escasa ($Av_S < SW^{+Losses}$). Segundo, una evaluación de las condiciones hidrológicas de los escurrimiento debe llevarse a cabo para determinar si el año precedente fue muy seco, seco, normal (N), húmedo o muy húmedo. Estas dos evaluaciones nos permitirán decidir si ambas políticas se aplicaran para el siguiente año hidrológico o no. Ambas políticas son recomendadas cuando la condición de almacenamiento es *Normal* para todas las condiciones hidrológicas. Por el contrario, el uso de ambas políticas no es recomendado en periodos muy secos con duración mayor a 5 años cuando un déficit en la extracción del DR-005 Delicias es esperado. Este umbral de tiempo se obtuvo mediante corridas de 5 y 10 años con secuencias de años secos y muy secos. Además, ambas políticas no son recomendadas cuando las condiciones del almacenamiento en las presas es considerado como *en estrés* o *escasa* porque es muy probable que se presente un déficit en la extracción del DR-005, dependiendo de la cantidad de agua en el banco.

Escenario I.B.2-3

Bajo periodos húmedos, el banqueo de agua a través del método *in lieu* es recomendado por dos razones. Primero, bajo este método el agua derramada es menor que bajo condiciones normales de operación, ya que una mayor cantidad de agua superficial es utilizada para abastecer el DR-005 Delicias, por lo que el almacenamiento en las presas antes, durante y después del derrame es menor que en condiciones normales. Segundo, la cantidad de agua almacenada en el banco es mayor que la reducción de agua superficial no almacenada en las presas (Cociente *In lieu* > 1), lo que representa una ganancia de agua que puede ser utilizada en un futuro para cubrir déficits en las extracciones o para las obligaciones del tratado.

En la primer secuencia (1967-1969) evaluada, el método de banqueo de agua *in lieu* reduce los derrames de las presas la Boquilla y F. Madero en 102.1 hm³ y 11.3 hm³ respectivamente. El agua banqueada en el acuífero Meoqui es mayor que la reducción del almacenamiento de agua superficial en las presas (*cociente in lieu* > 1). Además, la metodología para determinar cuando aplicar el banqueo de agua fue evaluada y validada satisfactoriamente.

En la segunda secuencia (1979-1981) el volumen de agua derramada de la presa La Boquilla se redujo en 608.4 hm³ y se incremento en la presa F. Madero en 19.9 hm³. Se evito el derrame en la presa La Boquilla en la corrida del Escenario I.B.2-3. Para ambas presas, los derrames ocurridos son consecuencia de importantes y repentinos flujos de entrada a la presas. En las presas F. Madero y la Boquilla se presentaron flujos de entrada mensuales mayores al 50% de la capacidad útil.

En la tercer secuencia (1989-1992) hubo una reducción en el agua derramada en la presa La Boquilla de 657.8 hm^3 y en la presa F. Madero se presentó un incremento en los derrames de 181.4 hm^3 . En la presa La Boquilla un derrame fue evitado en Agosto de 1990. La reducción total de volumen derramado fue de 340.23 hm^3 . El *cociente in lieu* para esta secuencia fue de 1:3.9. La cantidad de agua banqueada fue de 727.5 hm^3 .

Los derrames en la presa F. Madero no pudieron ser evitados porque la capacidad de operación ($\text{NAMO}=348 \text{ hm}^3$) de la presa es pequeña en comparación con los flujos de entrada usuales que se presentan durante años húmedos (2 o 3 meses con flujo de entrada a las presas de $250 \text{ hm}^3/\text{mes}$). A pesar que en recientes fechas se ha incrementado la capacidad útil de la presa F. Madero a 450 hm^3 por la implementación del Rubber dam, la capacidad útil de esta presa puede ser fácilmente rebasada bajo estos flujos de entrada. La función de la presa F. Madero es más para derivar agua del Río San Pedro que la de almacenar agua para el DR-005.

La presa La Boquilla es la presa principal en la cuenca del Río Conchos. Debido a su capacidad de operación ($\text{NAMO}=2903 \text{ hm}^3$), es posible almacenar agua durante periodos húmedos, los cuales comúnmente tienen flujos de entradas por arriba de $350 \text{ hm}^3/\text{mes}$ durante tres meses consecutivos. Sin embargo, bajo condiciones húmedas La Boquilla es susceptible a llenarse y a presentar derrames. Considerando ambos almacenamientos, es preferible almacenar agua en la presa La Boquilla que en la presa F. Madero porque la capacidad de almacenamiento de esta última puede ser fácilmente excedida. Sin embargo, una mayor cantidad de pérdidas por evaporación son esperadas en la Presa La Boquilla.

El uso del almacenamiento para control de avenidas en épocas de estiaje es una práctica frecuente y peligrosa en la cuenca del Río Grande/Bravo. El uso de este procedimiento está basado en la variabilidad temporal de los flujos de entrada. Este procedimiento asume que no se presentaran avenidas en época de estiaje. Registros históricos de 1989 a 1992 muestran lo peligroso de esta práctica, donde el periodo de lluvia se extendió de Julio de 1991 hasta Enero de 1992. En este periodo ambas presas fueron operadas almacenando agua en el volumen destinado al control de avenidas. Bajo esta perspectiva es posible hacer las siguientes recomendaciones. Si este procedimiento de utilizar el superalmacenamiento en épocas de estiaje como almacenamiento disponible sigue siendo usado, es necesario implementar un sistema eficiente de medición y monitoreo en tiempo real del escurrimiento en ríos para manejar las presas de forma adecuada y evitar el colapso de alguna de ellas. Si este sistema de monitoreo no es implementado, es recomendable dejar de utilizar este procedimiento porque es de peligro para las poblaciones aguas abajo (Camargo) y para la presa. Además, el cambio climático global está modificando los patrones usuales del clima y es probable que escurrimientos extraordinarios ocurran en periodos del año poco comunes.

Escenario I.B.4

El uso conjunto del banqueo de agua a través del método *In Lieu* y las medidas de conservación del agua establecidas en el Acta 309 de la CILA/IBWC es muy

recomendable, ya que de esta forma se realiza un manejo sustentable de las fuentes de abastecimiento que proveen de agua al DR-005 Delicias. Por una parte, debido a las medidas de conservación del agua, en las presas La Boquilla y F. Madero se presento un mayor almacenamiento, lo cual repercute en un incremento en la extracción media y confiabilidad del DR-005. Por otra parte, debido al banqueo del agua, se presento una mayor disponibilidad de agua subterránea en época de sequías para el DR-005 Delicias. A pesar de que se realizo el banqueo de agua en el Acuífero Meoqui, su almacenamiento se vio afectado ya los volúmenes de recarga se disminuyeron debido a las medidas de conservación del agua.

Los resultados del Escenario I.B.4 muestran que un manejo interactivo entre el abastecimiento de agua superficial y subterránea, permite a la mayoría de los distritos de riego analizados (DR-005 Delicias, DR-025 Bajo Río Conchos, WMS 8 Agriculture “A” y WMS 9-13 Agriculture “A”) incrementar su volumen de extracción media, disponibilidad, lo cual muestra que esta política que brinda beneficios tanto dentro como fuera de la cuenca del Río Conchos, para ambos países.

Realizando un análisis de los ahorros de agua propuestos en el Acta 309 y los resultados obtenidos por el modelo, se estima que el ahorro inicial promedio propuesto es tan solo el 52% (177.4 hm^3) del máximo volumen de ahorro de agua declarado en el Acta 309 ($343 \text{ hm}^3/\text{año}$). A su vez, **del ahorro inicial promedio (177.4 hm^3) solo el 49% de esta agua es ahorrada y almacenada ($87.6 \text{ hm}^3/\text{año}$) en las presas La Boquilla y F. Madero, debido a que en promedio el 51% se pierde por evaporación en las presas.** El agua ahorrada se distribuye de la siguiente forma: 94% en La Boquilla ($82.6 \text{ hm}^3/\text{año}$) y 6% en F. Madero ($5.0 \text{ hm}^3/\text{año}$).

El déficit promedio de agua superficial es del 16% ($91.1 \text{ hm}^3/\text{año}$) con respecto al volumen de concesión de agua superficial ($564.9 \text{ hm}^3/\text{año}$). **La asignación promedio del agua ahorrada para cubrir el déficit de agua superficial del DR-005 Delicias es del 99% ($89.9 \text{ hm}^3/\text{año}$) del déficit de agua superficial**, de los cuales, el 89% ($80.4 \text{ hm}^3/\text{año}$) provienen de la presa La Boquilla y el 11% ($9.6 \text{ hm}^3/\text{año}$) provienen de la presa Francisco I. Madero.

Realizando un análisis del banco de agua, se obtuvieron resultados importantes. Primero, el banqueo de agua solo se presento cuando el almacenamiento disponible, en las presas La Boquilla y F. Madero en conjunto, fuese mayor a 857 hm^3 . Segundo, a pesar de realizar un intercambio de agua subterránea por agua superficial de $189 \text{ hm}^3/\text{año}$, tan solo $22 \text{ hm}^3/\text{año}$ pudieron ser banqueados, debido a la reducción de los coeficientes de infiltración y al volumen de conducción en los canales por la aplicación del Acta 309. Tercero, a pesar de realizar un manejo conjunto del agua superficial y agua subterránea, debido a la disminución de los volúmenes de recarga, el acuífero Meoqui es susceptible a sufrir severos abatimientos en su almacenamiento.

A pesar de esto, es recomendable el uso conjunto del banqueo de agua con las medidas de conservación del agua, ya de esta forma se realiza un uso adecuado del agua superficial y del agua subterránea; y no se sobre-explotan las fuentes de abastecimiento, como sucede

en el escenario II.A.1.a y II.A.1.b. el agua subterránea. Es necesaria una investigación a detalle para conocer las características hidrogeológicas del acuífero Meoqui, así como la interacción de este acuífero con el agua superficial.

Escenario I.D

El envío extraordinario de agua proveniente del Río San Juan a las obligaciones del tratado, en épocas de escases de cumplimiento de las obligaciones del tratado, representa efectos negativos para el DR-025 Bajo Río Bravo y para el uso Público-Urbano del Área Metropolitana de Monterrey, ya que se disminuye la extracción promedio y confiabilidad de estos usuarios.

A pesar de que se propuso una metodología para evitar o minimizar las afectaciones a los distritos de riego 025 Bajo Río Bravo, 026 Bajo San Juan, 031 Las Lajas y a la Ciudad de Monterrey, la cual incluye realizar una evaluación de los volúmenes disponibles en las presas El Cuchillo y Marte R. Gómez, no fue posible evitar las afectaciones al uso Público-Urbano del Área Metropolitana de Monterrey y al DR-025 Bajo Río Bravo. Por una parte, la extracción para el Área Metropolitana de Monterrey depende en gran medida del agua enviada de la presa El Cuchillo, la cual fue la única presa que se vio afectada por el envío de agua del Río San Juan a las obligaciones del tratado. No es recomendable el trasvase de agua de la Presa El Cuchillo a la presa Marte R. Gómez, para su posterior envío al Río Bravo/Grande, ya que afecta el abastecimiento de la Ciudad de Monterrey. Por otra parte, el DR-025 Bajo Río Bravo depende principalmente del agua enviada de la presa Falcon y en cierta medida, del escurrimiento proveniente del Río San Juan. Cuando el escurrimiento del Río San Juan se ve afectado debido a que es asignado a las obligaciones del tratado, el DR-025 Bajo Río Bravo se ve afectado, ya que sus fuentes de abastecimiento se ven disminuidas.

A pesar de que se disminuyeron los déficits en las obligaciones del tratado, cuando no se cumplió con el envío de $2158.6 \text{ hm}^3/\text{ciclo}$, esta disminución no fue significativa. Para el tercer ciclo (1950-1955), el déficit en las obligaciones del tratado solo se disminuyó en **154.4 hm^3** , pasando de un déficit de -677.7 hm^3 en el escenario de referencia a -523.3 hm^3 en el Escenario I.D. En adición, en el primer año del cuarto ciclo se envió 434.6 hm^3 provenientes del San Juan para reducir el déficit del tratado del ciclo previo a 89 hm^3 . Al final del 4 ciclo del tratado, se presentó un envío mayor al establecido en el tratado, por lo que el déficit del tratado del ciclo anterior fue cubierto. Para el ciclo 12 (1995-2000), el déficit en las obligaciones del tratado se disminuyó en **73.2 hm^3** , pasando de un déficit de -488.9 hm^3 en el escenario de referencia a -415.7 hm^3 en el Escenario I.D. Estas disminuciones no son significativas, si se comparan con los resultados obtenidos en el Escenario II.C.1, en el cual se envía agua del banco de agua subterránea a las obligaciones del tratado.

El envío de agua del Río San Juan para cumplir con las obligaciones del tratado es una propuesta susceptible a discusión, ya que es un río tributario que no está considerado en el tratado de 1944 y por lo tanto, es de gran valor para el abastecimiento del agua dentro de la cuenca del Río San Juan. Es necesario hacer una investigación mas a detalle para la

evaluación, modelación y en su caso, modificación de las consideraciones asumidas en este escenario.

Escenario II.A.1.a

Las medidas de conservación del agua presentan efectos positivos y negativos en el sistema de abastecimiento del DR-005 Delicias. Por una parte, debido a las medidas de conservación del agua, en las presas La Boquilla y F. Madero se presentó un mayor almacenamiento, lo cual repercutió en un incremento en la extracción media y confiabilidad del DR-005. Es un hecho que las medidas de conservación incrementan la disponibilidad de agua superficial en estas dos presas, aunque no en la cantidad declarada en el Acta 309 (27% menor que lo estimado). Por el contrario, debido a que gran parte de las medidas de conservación del agua implican la disminución en las pérdidas por infiltración en canales, así como una mayor eficiencia en la aplicación del agua, el volumen de recarga del acuífero Meoqui se vio seriamente afectado, presentando un total abatimiento del almacenamiento. Prácticamente, el acuífero Meoqui fue completamente vaciado, teniendo que ser cubierto el déficit de agua subterránea, por el agua superficial ahorrada debido a las medidas de conservación del agua.

Los resultados del Escenario II.A.1.a muestran que las medidas de conservación del agua propuestas en el Acta 309 son bastante efectivas para el ahorro de agua superficial en las presas, aunque repercuten de forma sustancial en el almacenamiento de agua subterránea en los acuíferos. Debido a esto se recomienda una política integral de manejo de agua que contemple el uso de superficial y subterránea, para evitar el abatimiento total de los acuíferos y presas, como la combinación de las medidas de conservación de agua y el banco de agua mostrado en el Escenario I.B.4.

Realizando un análisis de los ahorros de agua propuestos en el Acta 309 y los resultados obtenidos por el modelo, se estima que solo se ahorra en promedio el 96% (330.8 hm^3) del máximo volumen de ahorro de agua declarado en el Acta 309 ($343 \text{ hm}^3/\text{año}$). A su vez, **del ahorro inicial promedio (330.8 hm^3) solo el 73% de esta agua es ahorrada y almacenada ($236.3 \text{ hm}^3/\text{año}$) en las presas La Boquilla y F. Madero, debido a que en promedio el 27% se pierde por evaporación en las presas.** El agua ahorrada se distribuye de la siguiente forma: 93% en La Boquilla ($219.2 \text{ hm}^3/\text{año}$) y 7% en F. Madero ($17.1 \text{ hm}^3/\text{año}$).

Debido al abatimiento del almacenamiento del acuífero Meoqui, el DR-005 Delicias presentó un déficit promedio en el abastecimiento de aguas subterráneas del 94% ($179.4 \text{ hm}^3/\text{año}$) con respecto al volumen de concesión de agua subterránea ($189.0 \text{ hm}^3/\text{año}$). El déficit promedio de agua superficial es de 10.9% ($61.8 \text{ hm}^3/\text{año}$) con respecto al volumen de concesión de agua superficial ($564.9 \text{ hm}^3/\text{año}$). **La asignación promedio del agua ahorrada para cubrir los déficit de las demanda del DR-005 Delicias es del 95% ($223.3 \text{ hm}^3/\text{año}$) del volumen ahorrado ($236.3 \text{ hm}^3/\text{año}$) en las presa, de los cuales, el 88% ($196.1 \text{ hm}^3/\text{año}$) provienen de la presa La Boquilla y el 12% ($27.1 \text{ hm}^3/\text{año}$) provienen de la presa Francisco I. Madero.**

En conclusión, prácticamente toda el agua ahorrada debido a las medidas de conservación se utiliza para satisfacer el déficit de agua superficial y subterránea del DR-005 Delicias.

Escenario II.A.1.b

En este escenario se evaluó literalmente lo establecido en el Acta 309 de la CILA/IBWC. Por una parte se realizaron las adecuaciones para incrementar la eficiencia global de agua superficial del 33% al 55%. Por otra parte se envió anualmente el agua ahorrada debido a las medidas de conservación en los meses de Diciembre y Enero, como lo establece el Acta 309. En general, las políticas de uso y administración del agua simuladas en este escenario presentan efectos negativos para el abastecimiento del DR-005 y para las obligaciones del tratado.

El DR-005 presento una disminución drástica en su extracción promedio (del 94.3 a 81.2%) y confiabilidad (del 76.5 al 37.8%), debido a que se presento un fuerte abatimiento del almacenamiento del acuífero Meoqui, el cual abastece de agua subterránea al distrito de riego. Si bien es cierto que se presentaron volúmenes de almacenamiento en presas mayores a los observados en la cuenta de referencia Baseline Run, de acuerdo al Acta 309, esta agua debe de ser enviada cada año al Río Bravo/Grande, por lo que no pudo ser aprovechada por el DR-005 Delicias. Por otra parte, debido a que gran parte de las medidas de conservación del agua implican la disminución en las pérdidas por infiltración en canales, así como una mayor eficiencia en la aplicación del agua, el volumen de recarga del acuífero Meoqui se vio seriamente afectado, presentando un total abatimiento del almacenamiento. Prácticamente, el acuífero Meoqui fue completamente vaciado, por lo que se presentaron déficit en el abastecimiento de agua subterránea, los cuales, no pudieron ser cubiertos por el agua ahorrada en las presas, ya que esta agua fue enviada anualmente a las obligaciones del tratado, como lo establece el Acta 309.

De la misma forma que en el Escenario II.A.1.a, los resultados muestran que las medidas de conservación del agua propuestas en el Acta 309 son bastante efectivas para el ahorro de agua superficial en las presas, aunque repercuten de forma sustancial en el almacenamiento de agua subterránea en los acuíferos. Debido a esto se recomienda una política integral de manejo de agua que contemple el uso de superficial y subterránea, para evitar el abatimiento total de los acuíferos y presas, como la combinación de las medidas de conservación de agua y el banco de agua mostrado en el Escenario I.B.4.

Realizando un análisis de los ahorros de agua propuestos en el Acta 309 y los resultados obtenidos por el modelo, se estima que el ahorro inicial propuesto en promedio es del 98% (337.7 hm^3) del máximo volumen de ahorro de agua declarado en el Acta 309 ($343 \text{ hm}^3/\text{año}$). A su vez, **del ahorro inicial promedio (337.7 hm^3) solo el 92% de esta agua es ahorrada y almacenada ($311.2 \text{ hm}^3/\text{año}$) en las presas La Boquilla y F. Madero, debido a que en promedio el 8% se pierde por evaporación en las presas.** El agua ahorrada se distribuye de la siguiente forma: 87% en La Boquilla ($271.0 \text{ hm}^3/\text{año}$) y 13%

en F. Madero ($40.1 \text{ hm}^3/\text{año}$). Estos resultados contrastan con los obtenidos en el Escenario II.A.1.a, ya que se presenta un menor volumen de pérdidas por evaporación. Esto se debe a que el agua ahorrada es enviada anualmente a las obligaciones del tratado, por lo que no se almacena por periodos largos de tiempo, lo que repercute en menores pérdidas por evaporación.

Debido al abatimiento del almacenamiento del acuífero Meoqui, el DR-005 Delicias presento un déficit promedio en el abastecimiento de aguas subterráneas del 57.3% ($108.2 \text{ hm}^3/\text{año}$) con respecto al volumen de concesión de agua subterránea ($189.0 \text{ hm}^3/\text{año}$). El déficit promedio de agua superficial es de 3.8% ($21.5 \text{ hm}^3/\text{año}$) con respecto al volumen de concesión de agua superficial ($564.9 \text{ hm}^3/\text{año}$). Debido a que el agua ahorrada en este escenario es enviada a las obligaciones del tratado, ninguno de estos déficits fue cubierto por el agua ahorrada.

Realizando un análisis de las obligaciones del tratado, a pesar que se presento una disminución en los déficits de las obligaciones del tratado, estos déficits no pudieron ser eliminados o reducidos sustancialmente, como sucedió en el Escenario II.C.1 cuando se aplica el banco de agua para el cumplimiento de las obligaciones del tratado. Esto indica que es poco recomendable el envío del agua ahorrada anualmente, ya que a pesar de que se incremento en **$23 \text{ hm}^3/\text{año}$** en promedio las aportaciones a las obligaciones del tratado, este volumen resulto poco significativo en periodos de sequía, cuando el agua adquiere mayor valor.

En conclusión, la modelación del Acta 309 presenta desventajas para el manejo del agua en la cuenca del Río Bravo/Grande. Por una parte, las medidas de conservación del agua perjudican al DR-005 Delicias, ya que se abate completamente el almacenamiento del acuífero Meoqui, por lo es probable que se presenten déficit en el abastecimiento de agua subterránea. Por otra parte, el envío anual del agua a las obligaciones del tratado es de poca trascendencia, disminuyendo marginalmente los déficit en las obligaciones del tratado cuando se presentan

Los resultados de este escenario muestran que es necesaria una política de uso conjunta del agua superficial y del agua subterránea. Una investigación a detalle de las características hidrogeológicas del acuífero Meoqui es necesaria para un modelar con mayor precisión el impacto que tienen las políticas de conservación del agua en el acuífero Meoqui.

Escenario II.B.1

La implementación de la re-adquisición temporal de derechos de agua en el DR-025 y el banco de esta agua en el acuífero Meoqui es hidrológicamente factible, ya que técnicamente es posible el banco de agua re-adquirida temporalmente en el acuífero Meoqui, con su posterior envío al DR-025 Bajo Río Bravo. Los beneficios de este

escenario para el DR-025 Bajo Río Bravo son relevantes, ya que su extracción promedio se incrementa del 97.8 al 100%, y la confiabilidad se incrementa del 97.4 al 100%, no presentando déficit en su extracción. En contraposición, debido al banqueo de agua en el DR-005 Delicias, los distritos de riego DR-005 Delicias, WMS 8 Agriculture “A” y WMS 9-13 Agriculture “A” presentaron una reducción en su extracción media de 94.3 a 92%, de 69 a 62.9%, de 69 a 62.9% respectivamente. Lo anterior indica que la disminución en el almacenamiento de las presas La Boquilla y Francisco I. Madero afecta directamente a estos distritos de riego.

El almacenamiento en las presas La Boquilla y F. Madero presento una disminución en su valor, debido al banqueo de agua a través del Método *In Lieu*. Las presas Luís L. León, Amistad y Falcon incrementaron su volumen de almacenamiento. Estos resultados indican que la aplicación enfocada del banco de agua a un usuario fuera de la cuenca del Río Conchos disminuye el almacenamiento medio solo en las presas dentro de la cuenca del Río Conchos.

Este escenario muestra la factibilidad de enviar agua del banco a usuarios fuera del Río Conchos. Como se ha establecido en el Escenario I.B, I.B.1, I.B.4 y II.C.1, la factibilidad del banqueo de agua depende de la disponibilidad de agua superficial en las presas La Boquilla y Francisco I. Madero, así como de la disposición de los usuarios de agua subterránea del DR-005 para rescindir temporalmente de su concesión de agua superficial y aceptar el agua superficial a cambio. Para este escenario se considero que tanto los usuarios del DR-005 Delicias como los usuarios del DR-025 Bajo Río Bravo presentaron la disposición para rescindir temporalmente de sus derechos de agua y recuperarlos cuando se necesitase en el DR-025. Un importante factor en este escenario es la disminución del agua enviada del agua del banco al DR-025 debido a lo establecido en el tratado de 1944.

Escenario II.C.1

La implementación del banco de agua subterránea en el Acuífero Meoqui para fines de almacenar agua para el cumplimiento del tratado es hidrológicamente factible, ya que, como se ha mostrado en escenarios anteriores, el banco de agua depende de la cantidad de agua disponible en las presas La Boquilla y Francisco I. Madero, así como de la disposición de los usuario de agua subterránea del DR-005 para rescindir de su concesión de forma temporal y aceptar a cambio, agua superficial. Como es el caso de este escenario, el uso del agua banqueada para abastecer los compromisos del tratado fue satisfactorio, reduciendo en el tercer ciclo (1950-1955) el déficit en las obligaciones del tratado en 229.4 hm^3 , (de -677.7 hm^3 a -229.4 hm^3). De igual forma, en el ciclo 12 (1995-2000) se elimino el déficit por obligaciones del tratado de -448.9 hm^3 a $+7.3 \text{ } 229.4 \text{ hm}^3$.

Contrario a lo esperado debido al uso del banqueo de agua a través del método *In Lieu*, el Escenario II.C.1 no afecta a las presa La Boquilla y F. Madero. Prácticamente, las presas La Boquilla, Francisco I. Madero, y Falcon no presentaron cambio alguno en su almacenamiento medio mensual, el cual es de 59%, 58% y 82%, respectivamente, con

respecto al NAMO. Las presas Amistad y Luís. L. León sufrieron un pequeño incremento en su almacenamiento medio, de 108 a 109% y de 87 a 88%, respectivamente, con respecto al NAMO de cada presa. Básicamente, en este escenario se beneficio la entrega de agua por concepto de las obligaciones del tratado, lo cual no significa una reducción en el almacenamiento de las pesas La Boquilla y Francisco I. Madero para abastecer al Tratado.

Debido a que el agua banqueada fue considerada exclusivamente para cumplir con los compromisos del tratado, la extracción media del distrito de riego DR-005 Delicias vio disminuida de 94.3 a 79.6%, y la confiabilidad de 77 a 5%. Lo anterior indica que el uso del banco de agua no debe ser privativo de un usuario o compromiso de agua, debe ser utilizado para bien común de todos los usuarios a lo largo de toda la cuenca.

Si bien es cierto que las pérdidas por conducción y la asignación del agua debida al tratado en apariencia representan desventajas para el uso del banco de agua en realidad pueden ser consideradas como beneficios, ya que en este caso el DR-025 Bajo Río Bravo se vio beneficiado con un incremento en su extracción media de 97.8 a 983% y en su confiabilidad de 97.2 a 97.6%, con respecto a su volumen de concesión. Por una parte se incrementa la disponibilidad de agua de los usuarios fuera de la cuenca del Río Conchos, sobre todo en épocas de sequía, donde la extracción y envío de agua tiene más valor, tanto para los compromisos del tratado como para los usuarios y flujos ambientales. En este escenario solo se muestra el uso del agua del banco para fines de cumplimiento del tratado, sin embargo, los beneficios fueron extensivos para todos los usuarios fuera de la cuenca del Río Conchos.

Escenario II.C.2

En el presente escenario se evaluó los ahorros de agua debido a las medidas de conservación establecidas en el Acta 309 de la CILA/IBWC, su envío anual y almacenamiento en la presa Luís L. León y el envío del agua ahorrada a las obligaciones del tratado en épocas de sequía. El periodo de sequía fue establecido como el periodo en el cual el déficit por concepto del tratado al final del cuarto año de un ciclo de 5 años sea mayor a 431 hm³. Se considero la estructura construida en el Escenario II.A.1 y II.A.1.b para evaluar los volúmenes ahorrados debido a la aplicación de las medidas de conservación. El envío anual del agua ahorrada debido a las medidas de conservación se considero en los meses de Diciembre y Enero, como lo establece el Acta 309. En general, las políticas de uso y administración del agua simulada en este escenario presentan efectos negativos, principalmente para el abastecimiento del DR-090 Bajo Río Conchos y del DR-005 Delicias.

El DR-090 Bajo Río Conchos presento una disminución drástica en su extracción promedio, pasando del 100% a tan solo un 17% y su confiabilidad se disminuyo del 100% a un 2.6%. Por su parte, el DR-005 Delicias presento una disminución en su extracción promedio, pasando del 94.3 a 81.1%, y su confiabilidad también se disminuyo del 76.5 al 38.9%, debido a que se presento un fuerte abatimiento del almacenamiento del acuífero Meoqui, el cual abastece de agua subterránea a este distrito de riego. Si bien es

cierto que se presentaron volúmenes de almacenamiento en presas mayores a los observados en la cuenta de referencia Baseline Run, estos volúmenes de almacenamiento no pudieron ser aprovechados, ya que estos excedentes de almacenamiento están comprometidos a las obligaciones del tratado de acuerdo al Acta 309.

Por otra parte, el volumen de recarga del acuífero Meoqui se vio seriamente afectado, debido a que gran parte de las medidas de conservación del agua implican la disminución en las pérdidas por infiltración en canales, así como una mayor eficiencia en la aplicación del agua, presentando un total abatimiento del almacenamiento de este acuífero. Prácticamente, el acuífero Meoqui fue completamente vaciado, por lo que se presentaron déficits en el abastecimiento de agua subterránea para el DR-005 Delicias, los cuales, no pudieron ser cubiertos por el agua ahorrada en las presas, ya que esta agua fue enviada anualmente a la presa Luís L. León.

Debido al envío anual del agua a la presa Luís L. León, prácticamente todo el almacenamiento útil de esta presa fue ocupado por los volúmenes ahorrados, donde en su gran mayoría estos volúmenes fueron derramados, ya que la capacidad útil de esta presa no permite el almacenamiento de los volúmenes ahorrados. Debido a que en la presa Luís L. León se almacenaron los volúmenes de agua ahorrados, no existía almacenamiento útil para abastecer de agua al DR-090 Bajo Rio Conchos, por lo que se presentó una importante disminución en su extracción media y confiabilidad.

De la misma forma que en los escenarios II.A.1.a y II.A.1.b, los resultados muestran que las medidas de conservación del agua propuestas en el Acta 309 son bastante efectivas para el ahorro de agua superficial en las presas, aunque repercuten de forma sustancial en el almacenamiento de agua subterránea en los acuíferos. Los resultados del Escenario I.B.4 muestran la política integral de uso de agua subterránea y superficial. Debido a lo anterior, se recomienda una política integral de manejo de agua que contemple el uso de superficial y subterránea, para evitar el abatimiento total de los acuíferos y presas, como la combinación de las medidas de conservación de agua y el banco de agua mostrado en el Escenario I.B.4.

Realizando un análisis de los ahorros de agua propuestos en el Acta 309 y los resultados obtenidos por el modelo, se estima que el ahorro inicial propuesto en promedio es del 98% (338.7 hm^3) del máximo volumen de ahorro de agua declarado en el Acta 309 ($343 \text{ hm}^3/\text{año}$). A su vez, del ahorro inicial promedio (338.7 hm^3) solo el 93% de esta agua es ahorrada y almacenada ($315.8 \text{ hm}^3/\text{año}$) en las presas La Boquilla (87%) y F. Madero (13%), debido a que en promedio el 7% se pierde por evaporación en las presas. Esta agua ahorrada fue enviada anualmente a la presa Luís L. León, en donde se presentó un escurrimiento de entrada de los volúmenes ahorrados de $202.7 \text{ hm}^3/\text{año}$ (65% del agua ahorrada en las presas La Boquilla y F. Madero). Del escurrimiento de entrada de los volúmenes ahorrados ($202.7 \text{ hm}^3/\text{año}$), el 19% se pierde por evaporación ($38.6 \text{ hm}^3/\text{año}$), el 65.1% se pierde por derrames ($132.1 \text{ hm}^3/\text{año}$) y tan solo el 15.8% ($32.1 \text{ hm}^3/\text{año}$) es almacenado en la presa Luís L. León. **En resumen, de un volumen real ahorrado de $315.8 \text{ hm}^3/\text{año}$ en las presas La Boquilla y F. Madero, solo se pudo ahorrar en la presa Luís L. León $32.1 \text{ hm}^3/\text{año}$ (10.1%).** Estos resultados contrastan

con los obtenidos en los escenarios II.A.1.a y II.A.1.b, donde se almacena 236.3 y 311.2 hm³/año. Por lo que es poco recomendable el almacenamiento de los volúmenes ahorrados debido a las medidas de conservación en la presa Luís L. León, ya que gran parte del agua ahorrada se pierde por derrames de la presa.

Debido al almacenamiento del agua ahorrada en la presa Luís L. León, el DR-090 Bajo Río Conchos presento un déficit de agua superficial de 84.8% (72.1 hm³/año) con respecto al volumen de concesión de agua superficial que es de (84.9 hm³/año). Debido al abatimiento del almacenamiento del acuífero Meoqui, el DR-005 Delicias presento un déficit promedio en el abastecimiento de aguas subterráneas del 58.7% (110.8 hm³/año) con respecto al volumen de concesión de agua subterránea (189.0 hm³/año). El déficit promedio de agua superficial es de 4.6% (25.9 hm³/año) con respecto al volumen de concesión de agua superficial (564.9 hm³/año). Debido a que el agua ahorrada en este escenario es enviada a las obligaciones del tratado, ninguno de estos déficits fue cubierto por el agua ahorrada.

Realizando un análisis de las obligaciones del tratado, a pesar que se presento una disminución en los déficits de las obligaciones del tratado, estos déficits no pudieron ser eliminados o reducidos sustancialmente, como sucedió en el Escenario II.C.1 cuando se aplica el banco de agua para el cumplimiento de las obligaciones del tratado.

Esto indica que es poco recomendable el envío anual del agua ahorrada a la presa Luís L. León y su respectivo almacenamiento, ya que a pesar de que se incremento en 42.2 hm³/año en promedio las aportaciones a las obligaciones del tratado, este volumen resulto poco significativo en periodos de sequía, cuando el agua adquiere mayor valor.

En conclusión, es poco recomendable el almacenamiento de los volúmenes ahorrados en la presa Luís L. León principalmente por dos razones. Primero, debido a la poca capacidad útil de la presa Luís L. León (457.5 hm³), solo fue posible almacenar el 10.5% del agua ahorrada en las presas La Boquilla y F. Madero, por lo que prácticamente el 89.5% restante se perdió en perdidas por conducción y en derrames. Segundo, debido a la reducción de los coeficientes de infiltración en canales, el almacenamiento del acuífero Meoqui sufre un fuerte abatimiento, por lo que es probable que se presenten déficit en el abastecimiento de agua subterránea. Además, debido a que no se pudo almacenar el agua ahorrada en la presa Luís L. León, el envío de los volúmenes ahorrados disminuyo marginalmente los déficits en las obligaciones del tratado cuando se presentaron.

Los resultados de este escenario muestran que es necesaria una política de uso conjunta del agua superficial y del agua subterránea. Una investigación a detalle de las características hidrogeológicas del acuífero Meoqui es necesaria para un modelar con mayor precisión el impacto que tienen las políticas de conservación del agua en el acuífero Meoqui.

5. Reconocimientos

Este proyecto esta siendo financiado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Los participantes en el proyecto agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo proporcionado al M. Sc. Samuel Sandoval Solís para realizar sus estudios de doctorado en la Universidad de Texas en Austin.

6. Referencias

-
- ¹ Nicolau del Roure, R. A. and D. C. McKinney. (2005). "Rio Conchos WEAP Exercises – Rio Conchos Ejercicios WEAP." CRWR Online Report 05-11, Center for Research in Water Resources, University of Texas at Austin, 2005 <<http://www.crrw.utexas.edu/reports/2005/rpt05-11.shtml>> (Jun 26, 2006).
- ² Estadísticas del Agua en México, Edición 2004 Capitulo 3 Situación del Recurso Hídrico, Aguas Superficiales Cuencas transfronterizas en México. Comisión Nacional del Agua, Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales
- ³ Informe de Evaluación Nacional. Programa de Adecuación de Derechos de Uso de Agua y Redimensionamiento de Distritos de Riego PADUA 2004, SAGARPA-FAO, México, 12 de Octubre de 2005.
- ⁴ Ley de Aguas Nacionales, Titulo Cuarto, Capitulo III, Artículo 28, inciso V. Comisión Nacional del Agua, 2004.
- ⁵ Avance PADUA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 18 de Julio, 2006.
- ⁶ Beneficiarios 2006, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 2006.
- ⁷ Beneficiarios 2005-2006, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 2007.
- ⁸ Reglas de Operación del Programa de Adquisición de Derechos de Uso del Agua, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Diario Oficial de la Nación, Martes 12 de agosto de 2003.
- ⁹ Informe de Evaluación Nacional PADUA 2004. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA), Capitulo II, Inciso II., 12 de Octubre 2005 (http://www.sagarpa.gob.mx/subagri/info/sust/agua/padua/PADUA_04_VCOMP.pdf)
- ¹⁰ Collado, Jaime. Criterio de Distribución del Agua en a Cuenca del Río Bravo. Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje, IMTA. Febrero 11, 2002.
- ¹¹ Registro Publico de Derechos de Agua, Comisión Nacional del Agua, (<http://www.cna.gob.mx/REPDA/opciones.htm>)
- ¹² Feinerman, Eli and Keith C. Knapp (1983), Benefits of Groundwater Management: Magnitude, Sensitivity, and Distribution, *American Journal of Agricultural Economics*, 65 (4), 703-710.
- ¹³ Dillon, Peter (2005), Future management of aquifer recharge, *Hydrogeology J.*, 13, 313-316.
- ¹⁴ Patino, Carlos. "GIS for Large-Scale Watershed Observational Data Model" Ph.D dissertation, The University of Texas at Austin, Center for Research in Water Resources, Austin Texas, December 2005. Accessed from <http://www.crrw.utexas.edu/reports/2005/rpt05-7.shtml>
- ¹⁵ Acta 309. "Volúmenes de agua ahorrados con los proyectos de modernización y tecnificación de los distritos de riego en la cuenca del Río Conchos y medidas para su conducción hacia el Río Bravo". Comisión Internacional de Limites y Aguas. El Paso, Texas, 3 de Julio de 2003.
- ¹⁶ Sociedad de Asociaciones de Usuarios "Unidad Conchos". Presentación del proyecto de Modernización y Tecnificación del Distrito de Riego 005 Delicias. Ing. Caballero. Mayo 2005.